N° 7 15 AVRIL 1936

Revue générale des Sciences pures et appliquées

Fondateur : Louis OLIVIER (1890-1910) — Directeur : J.-P. LANGLOIS (1910-1923)

Directeur : Louis MANGIN, Membre de l'Institut, Directeur honoraire du Muséum national d'Histoire naturelle

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Docteur Gaston DOIN, 8, place de l'Odéon, Paris.
La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Sciences physiques.

La notion de symétrie dans les sciences physico-chimiques.

Deux publications récentes viennent de rappeler à l'attention du monde savant l'importance des considérations sur la symétrie dans leur application aux sciences physico-chimiques, tant au point de vue épistémologique, que comme fondement de doctrines fécondes pour la recherche expérimentale.

Sous son aspect le plus immédiat, la symétrie apparaît comme une intuition fondamentale de la conscience humaine, inhérente, sans doute, à la forme même du corps humain et qui se révèle dès les origines dans la construction des objets usuels, aussi bien que dans les manifestations les plus primitives de l'art. C'est dire qu'une telle intuition devait occuper une place prépondérante dans l'élaboration de la connaissance humaine; ainsi voyons-nous la notion de symétrie trouver son expression la plus générale dans les développements de la géométrie, pour aboutir à la forme précise qui nous est familière aujourd'hui.

Au point de vue chronologique, c'est à la cristallographie que l'on doit la première application systématique des considérations de symétrie dans les sciences expérimentales. Les schèmes structuraux selon lesquels est réductible l'infinie diversité des formes cristallines ne comportent en effet d'autre définition que leurs éléments de symétrie. Une schématisation aussi générale devait déborder des cadres de la cristallographie et se révéler adéquate à la représentation des propriétés structurelles des ensembles substantiels quels qu'ils soient.

Dès le milieu du XIXe siècle, Pasteur mit en lumière la fécondité de la notion de symétrie dans son application à l'étude de la structure moléculaire. Guidé par l'analogie féconde entre les propriétés optiques des cristaux présentant l'hémiédrie non superposable et l'action sur la lumière polarisée de certains dérivés organiques dont il avait entrepris, après Biot, l'étude systématique, Pasteur émit l'hypothèse que la cause du pouvoir rotatoire devait être recherchée dans une dissymétrie de l'édifice moléculaire de ces composés. La découverte des inverses optiques de l'acide tartrique ne tarda pas à lui apporter une confirmation éclatante de cette théorie et lui permit de préciser que, comme dans le cas des cristaux hémiédriques, l'édifice moléculaire de l'un des énantiomorphes devait être identique à l'image spéculaire de l'autre. Les impérissables travaux qui illustrèrent la première période de l'activité scientifique de Pasteur, dans toute la mesure où ils établissent la priorité des considérations de structure en chimie, doivent être retenus comme un des facteurs décisifs du triomphe de l'atomisme. Avec la théorie de l'atome de carbone asymétrique de Lebet et Van T'Hoff, ils devaient donner naissance, en 1874, à la stéréochimie.

Vingt années plus tard (1894), Pierre Curie était conduit à suggérer l'intérêt que présenterait l'application des « considérations de symétrie familières aux cristallographes » dans le domaine de la physique. Généralisant ses observations relatives aux phénomènes de piézo-électricité, il propose d'attri-

buer au « milieu où se passe un phénomène » un schème structural défini par ses éléments de symétrie, et affirme le caractère causal de la relation entre les éléments de symétrie des causes et ceux des effets produits. La portée du principe de symétrie ainsi explicité est restée longtemps méconnue; le seul exposé d'envergure sur cette question est l'ouvrage de P.-M. Jaeger[1], dont la traduction française date de 1925; le chapitre le plus important est consacré à la définition des groupes de symétrie les plus généraux qui peuvent être adoptés comme les « images représentatives » d'une molécule, d'un groupe de molécules ou d'un élément de volume contenant un très grand nombre de molécules. La relation entre les éléments de symétrie des causes et ceux des effets y est ainsi formulée : « les effets peuvent avoir une symétrie identique ou supérieure à celle de leurs causes; les causes ne peuvent avoir une symétrie supérieure à celle des effets ».

C'est la fécondité de cette expression en termes de symétrie de la relation causale entre les phénomènes physiques que A. Sellerio s'est proposé de rappeler dans son récent article sur « les Symétries en Physique »[2]. Après avoir exposé cette relation dans quelques cas des plus simples : balance, expérience d'Oersted, effet Magnus, effet Hall, Sellerio affronte les notions de symétrie et d'entropie dans le cas des systèmes en voie d'évolution; non seulement une relation qualitative peut être établie entre ces deux notions lorsque les phénomènes sont considérés à l'échelle macroscopique, mais, si l'on se place à l'échelle microscopique, il devient possible de définir une « symétrie structurelle » susceptible d'être reliée à l'entropie par le truchement du calcul des probabilités.

Dans le domaine de la chimie, la doctrine de l'atome de carbone asymétrique avait rapidement conduit à une représentation cohérente des relations entre la structure moléculaire des composés organiques et leur action sur la lumière polarisée. Mais aucun progrès n'était réalisé en ce qui concerne la « synthèse asymétrique totale », celle qui n'admet ni la mise en œuvre d'un composé asymétrique préexistant, ni l'intervention du discernement d'un expérimentateur pour le tri des énantiomorphes à l'état de cristaux. La question, envisagée par les stéréochimistes sous un aspect trop étroit, devait être, selon le conseil de Jaeger, reprise du point de vue le plus général par un retour aux considérations de Pasteur sur la dissymétrie moléculaire et au principe de symétrie de Curie. C'est ce qui ressort de l'étude de la brochure de J.-P. Mathieu, « la Synthèse asymétrique »[3], qui constitue un exposé complet de l'état actuel de cette question. En fait, c'est en considérant les analogies entre les éléments de symétrie des « images représentatives » des diverses formes de l'énergie susceptibles de se transformer en énergie chimique et ceux de l'édifice moléculaire des composés dits asymétriques que l'on a été conduit à reconnaître dans la lumière polarisée circulairement le facteur le plus probable de photosynthèse de composés asymétriques ou de dédoublement photolytique de racémiques. Les succès qui sont venus apporter récemment la preuve expérimentale de cette relation structurale entre l'énergie lumineuse, considérée sous sa forme ondulatoire, et l'arrangement de l'édifice moléculaire, d'une complexité déjà très élevée par rapport aux éléments ultimes des atomes constituants, doivent être retenus comme une démonstration éclatante de la validité du principe de symétrie comme expression la plus générale de la causalité physico-chimique.

Dans son évolution telle que nous venons de l'esquisser, la considération des symétries d'un système, jusque dans son application la moins concrète à la schématisation des propriétés vectorielles d'une portion de l'espace où se passe un phénomène, est restée fidèle à la représentation euclidienne. Est-ce à dire que la notion de symétrie devra être déclarée caduque dans les domaines de la microphysique nucléaire ou de la physique stellaire? Il ne nous appartient pas de rechercher selon quelles modalités des considérations de symétrie peuvent être appliquées dans le cas de référentiels non euclidiens ou intervenir dans la mathématique des groupes de transformation. Nous insisterons seulement sur ce que la validité du principe de symétrie dans les sciences reste liée à celle du principe de causalité lui-même, comme l'exprime Sellerio, en conclusion de l'article cité précédemment : « Dans la symétrie de la physique est en jeu le principe de *raison suffisante*... Toutes les fois que l'on se sert du principe de symétrie, le déterminisme est implicite. Si on le nie,... il n'est plus permis de s'attendre à ce qu'un phénomène se déroule d'une façon déterminée... Ce qui règne, c'est le hasard ». Et, à propos d'un cas dit d'indétermination (effet Compton) : « N'est-ce pas ici le lieu de dire que le hasard est la mesure de notre ignorance? »

Nous préciserons que toutes les considérations de symétrie comportent une généralisation formelle en une *notion*, préalable à toutes ses attributions particulières; — et que cette notion de symétrie doit être considérée elle-même comme l'un des aspects de la notion d'ordre. « La Nature ignore le chaos », écrivait Ch. Moureu, dans sa préface au livre de Jaeger, pour justifier la portée des développements de ce savant sur le principe de symétrie. Disons plus précisément : le chaos est inconcevable comme objet de connaissance rationnelle; ce n'est qu'en tant qu'un ordre y peut être décelé qu'un ensemble quelconque devient susceptible de représentation objectivable, et cette représentation est celle-là même de l'ordre des relations entre ses moments et ses parties. Nous avons montré, avec G. Malfitano, dans

1. Le Principe de Symétrie, traduit par P. Génaud et J. Chevrier. — Paris, 1925.
2. *Scientia*, vol. LVIII (1935), p. 69.
3. Paris, 1935.

une récente communication[4] que cette notion d'ordre, la plus générale au point de vue épistémologique, comporte comme modalités les plus différentes les trois notions de nombre, de rythme et de symétrie : le nombre comme notation la plus simple de l'ordre; le rythme comme énoncé des variations selon lesquelles l'ordre s'établit et se modifie; la symétrie, enfin, comme repère de l'ordre déjà établi, ou tel qu'il persiste sous les fluctuations. Il importe de discerner ces trois notions, afin d'éviter de les confondre; et, cependant, elles ne peuvent être considérées séparément. Sans plus y insister, remarquons seulement que la symétrie ne peut être séparée du rythme qui la crée, ni du nombre qui en définit les éléments. Au complexe de ces trois modalités de l'ordre, nous proposons de faire correspondre celui des trois notions, d'un caractère plus formel, de probabilité, de finalité et de causalité, qui sont les trois aspects également discernables, mais inséparables, de la rationalité. Toute question, posée en termes de probabilité, se résout en notation du nombre de possibilité de variations; envisagée dans la finalité de son devenir, elle apparaît comme l'expresssion même de toutes ces variations possibles, indépendamment de toute détermination particulière, nous dirons comme la motivation de son rythme; considérée enfin dans la causalité des relations entre ses parties, elle sera représentée, comme nous espérons avoir su le montrer, par le schème structural de sa symétrie. C'est pourquoi, considérant de ce point de vue dialectique les cas invoqués récemment par certains physiciens comme fondements expérimentaux d'une épistémologie indéterministe, nous pensons, avec Sellerio, qu'il suffira d'une généralisation des doctrines de symétrie pour retrouver les traces d'une causalité, déclarée absente pour avoir été délibérément rejetée, et restaurer ainsi la priorité, toutefois non exclusive, du principe de causalité dans les sciences.

A. Honnelaitre.

§ 2. — Industries.

La Société française des Mécaniciens.

Nous croyons intéressant d'attirer ici l'attention sur la récente création de la Société française des Mécaniciens.

Placée sous la présidence d'honneur de M. Luc, Directeur général de l'Enseignement technique, la nouvelle société est effectivement présidée par M. l'Inspecteur général Dumanois.

Les principaux objectifs qu'elle se propose sont les suivants :

1° Centraliser, pour leur étude et leur discussion en commun, tous les renseignements relatifs au progrès de la mécanique, envisagée dans toutes ses applications à la science et à la technique;

2° Coordonner l'action des savants et des techniciens français et étrangers, et plus généralement développer les relations mécaniques internationales;

3° Favoriser, par tous les moyens appropriés, le développement et l'enseignement de la mécanique;

4° Etre l'auxiliaire des pouvoirs publics, des chercheurs et des industriels en vue de l'application de la mécanique et des diverses techniques qui en dépendent.

***

Pour réaliser ce programme, la Société française des Mécaniciens disposera des moyens ci-après :

1° Réunions périodiques, congrès nationaux et internationaux, expositions, conférences;

2° Publications et, en particulier, revue périodique spécialement affectée à toutes les questions entrant dans le domaine de la mécanique;

3° Création, entretien ou patronage de centres de documentation, de centres de perfectionnement, de laboratoires, enfin d'établissements d'enseignement orientés vers les recherches de mécanique pure ou appliquée;

4° Création de sections françaises régionales et de sections étrangères.

***

Pour retenir surtout l'un des aspects de la question, celui de la pratique, nous croyons qu'un organisme comme la nouvelle Société est susceptible de rendre des services dans le vaste domaine que constitue l'industrie mécanique française, en provoquant notamment la coordination d'efforts qui s'exercent trop souvent en ordre dispersé.

A cet égard, il faut souligner, ainsi que l'a fait avec beaucoup de justesse M. Dumanois, qu'une telle initiative doit renforcer la protection de l'industrie nationale vis-à-vis de l'industrie étrangère. Trop souvent, pour économiser les frais de recherches, on a été conduit à acheter des licences ; or, une politique systématique de licences conduit à l'abâtardissement de l'esprit créateur et à la servitude économique.

Il nous semble enfin qu'une œuvre urgente et nécessaire au premier chef, au point de vue non seulement technique mais aussi social, consisterait, pour la nouvelle société, à apporter son appui à la formation professionnelle d'ouvriers qualifiés que certaines industries sont, même actuellement, dans l'impossibilité de trouver en nombre suffisant parmi nos concitoyens.

Ph. T.

4. Congrès de Philosophie scientifique, Paris, septembre 1935.

REVUE DE PHYSIOLOGIE[1]

LES FONCTIONS DE RELATION

Dans le numero 21, 1935 (15 novembre), la première partie de cette revue avait été consacrée à l'etude des fonctions de nutrition. Cette seconde partie est consacrée aux fonctions de relation.

VIII. — Glandes endocrines. Hormones.

Thyroïde. — Par sa sécrétion interne, la thyroïde augmente les processus du métabolisme et commande la dépense d'énergie. Sous son action, le métabolisme basal s'accroît, les graisses et les protéines sont consommées en plus grande quantité, etc.

Parmi les questions qui préoccupent actuellement les physiologistes, il en est deux qui prédominent. La première est relative à la régulation de l'activité thyroïdienne. Dans cette direction, il a été récemment démontré que le lobe antérieur de l'hypophyse exerce une action importante sur la thyroïde. Après ablation partielle de la thyroïde il se produit normalement une hypertrophie compensatrice de la partie de la glande non extirpée. Cette hypertrophie ne se produit plus chez les Chiens ayant subi l'hypophysectomie (Houssay, Biasotti et Magdalena). Magdalena (1934) a observé chez le Crapaud normal, après extirpation des 3/4 des thyroïdes, que le fragment restant présente des signes d'hyperactivité, qui manquent chez l'animal dont le lobe antérieur de l'hypophyse a été extirpé. Inversement, l'épithélium vésiculaire de la thyroïde s'atrophie après hypophysectomie chez le Rat (Loeser et Thompson), la Poule (Towner, Hill et Parker), le Cobaye (Macchiarillo et Amelotti) le Crapaud (Magdalena), etc.

D'après Houssay, les Chiens hypophysectomisés présentent les signes de l'hypothyroïdisme, leur métabolisme basal est abaissé de 16 p. 100, la teneur en iode de leur sang diminue après quelques semaines.

Les extraits du lobe antérieur d'hypophyse augmentent l'intensité du métabolisme (+ 60 à + 128) chez les Chiens normaux et non chez les Chiens thyroïdectomisés.

Enfin, une substance qui active le fonctionnement de la thyroïde (hormone thyréotrope ou thyréostimuline), découverte par Aron, a été récemment isolée et purifiée par Collip. Elle agit même sur les thyroïdes énervées (Pieper et Eitel), elle accroît le métabolisme, provoque de la créatinurie, diminue le glycogène hépatique et augmente l'excrétion de calcium. Lorsqu'elle est administrée pendant deux à trois semaines elle provoque la formation d'une substance antagoniste, qui annihile ses effets (Collip, Hertz et Kranes). Tous ces faits cohérents permettent de conclure que l'activité de la thyroïde dépend, au moins en partie, de l'activité du lobe antérieur de l'hypophyse.

Une autre question actuellement à l'étude est la suivante : la thyroxine représente-elle toute la sécrétion interne de la thyroïde? Il ne semble pas qu'il en soit ainsi. D'après Lerman et Salter, l'action de la thyroïde sur le métabolisme basal et le myxœdème, dépend plus de l'iode organique total que de l'iode thyroxinique, tout l'iode combiné à la thyréoglobuline ayant une action calorigène. L'iode, sous forme de di-iodotyrosine est calorigène lorsqu'il fait partie de la molécule thyréoglobuline, il perd son activité lorsqu'il est séparé de la fraction iode thyroxinique.

Signalons, enfin, quelques travaux récents relatifs à la thyroxine et à son mode d'action. Euler a déterminé le taux de la thyroxine dans le sang; normalement, il est d'environ 10^{-15} gm. par c.c. et s'accroît dans l'hyperthyroïdisme. Des injections répétées de thyroxine diminuent le temps de coagulation du sang et augmentent sa teneur en fibrogène (Zunz et *al*). La thyroxine augmente la teneur en graisses du sang et des muscles, et diminue celle du foie (Schmidt et Bradford); elle augmente la teneur en graisses du lait de vache (Graham). Chez le Rat, l'administration de thyroïde accroît l'excrétion de calcium, rend le bilan négatif sans modifier la calcémie (Pugsley et Anderson). D'après Zunz et La Barre, l'action hyperglycémiante de la thyroxine s'exerce indirectement, par sécrétion d'adrénaline.

Le mécanisme d'action de la thyroxine sur le métabolisme est encore incertain. Dock et Lewis ont utilisé la méthode des coupes de tissus; ils ont constaté que le métabolisme des tissus iso-

1. Voir tome XLVI, n° 21, 15 novembre 1935.

lés des animaux thyroïdectomisés est bas, alors qu'il est élevé pour ceux des animaux traités par la thyroïde. Toutefois, l'addition de thyroxine *in vitro* au liquide baignant les coupes de tissus est sans action. Tous les tissus paraissent accroître leur activité respiratoire sous l'action de la thyroïde. Le cœur isolé des animaux traités par la thyroïde bat plus rapidement et plus fortement que le cœur normal (Yater, Priestley, etc.).

L'addition de thyroxine accélère le rythme du tissu cardiaque de Poulet explanté (Markowitz et Yater).

Surrénales. Cortico-surrénale. — Vers 1930, Hartmann et ses collaborateurs de Buffalo, Swingle et Pfiffner, d'autre part, ont réussi à isoler de la partie corticale de la surrénale un extrait capable de maintenir en vie les animaux décapsulés, et ont montré ainsi le rôle physiologique de premier plan que joue la cortico-surrénale. Cet extrait contient une hormone appelée « cortine » que l'on a tenté d'isoler. Kendall l'a obtenue à l'état cristallisé, sa formule empirique est C^{20} H^{30} O^6. Par purification de l'extrait cortical, Pfiffner et Vars ont obtenu un produit amorphe très actif (200 à 400 unités Chien par mgr.).

Le mécanisme d'action de la cortine dans le maintien en vie des animaux décapsulés est encore à l'étude.

D'après Swingle, les troubles les plus graves consécutifs à l'ablation des surrénales sont la diminution de la masse sanguine et l'hypotension consécutive. La cortine agirait en rétablissant la masse sanguine et en maintenant l'équilibre normal d'hydratation, qui existe entre le sang et les tissus.

Britton et Silvette, d'autre part, ont attribué la mort par surrénalectomie à des troubles graves du métabolisme des glucides, les animaux présentant de l'hypoglycémie progressive, en même temps que le glycogène du foie disparaît. Régnier et H. Simonnet ont observé que l'extrait cortical possède une action hyperglycémiante forte et durable, entièrement différente de celle de l'adrénaline.

D'après de Flora (1934), la cortico-surrénale intervient pour la resynthèse de l'acide lactique en glycogène au niveau du foie et la combustion du même acide au niveau du muscle.

D'après Leloir, l'injection d'hormone corticale est capable de compenser et même de surcompenser tous les troubles du métabolisme glucidique observés chez les animaux décapsulés, c'est-à-dire la diminution du glycogène (foie et muscle), la diminution de la reformation du glycogène après injection de glucose, ainsi que la reformation diminuée ou retardée du glycogène, après fatigue.

Lœb, ainsi que Harrop, ont attiré l'attention sur la perte continue de chlorure de sodium chez les animaux décapsulés, ils considèrent cette perte comme un facteur important parmi les troubles de l'insuffisance surrénale expérimentale.

Hédon et Gondard (1935) ont insisté sur l'azotémie et la polypeptidémie après décapsulation.

Le mécanisme de la mort par décapsulation reste obscur mais il n'en est pas moins exact que ces recherches ont pratiquement abouti à des résultats remarquables, car l'injection de cortine, et d'autre part la chloruration de l'organisme, ont permis de traiter souvent avec succès, la maladie d'Addison.

L'activité de la cortico-surrénale dépend, au moins en partie, de l'hypophyse. On a isolé, du lobe antérieur de l'hypophyse, une substance dite « corticotrope » ou encore « cortico-stimuline » (Anselmino, Hoffmann et Hérold), qui, injectée à de jeunes Rats castrés, provoque une hypertrophie marquée des couches fasciculées et glomérulaires du cortex surrénal.

Médullo-surrénale. — Il se dégage, des études sur la cortico-surrénale que l'adrénalino-sécrétion, qui a longtemps retenu l'attention des physiologistes, ne représente qu'une partie de l'activité des surrénales. Incapable, lorsqu'elle est injectée à des animaux décapsulés, de les maintenir en survie, contrairement à la cortine, l'adrénaline joue cependant un rôle physiologique important; elle agit sur le cœur, sur les vaisseaux (vaso-constriction périphérique), sur le métabolisme des glucides (hyperglycémie par mobilisation des réserves de glycogène), sur la musculature lisse de l'intestin (inhibition). La pharmacodynamie de l'adrénaline est actuellement bien connue, mais la question si controversée de l'adrénalinémie normale n'est pas encore résolue. En d'autres termes, il s'agit de savoir si la sécrétion d'adrénaline est continue, s'il existe constamment dans le sang artériel une quantité d'adrénaline suffisante pour que son action s'exerce, en dehors des décharges éventuelles d'adrénaline.

D'après la conception défendue par Cannon, par Gley, par Pachon, et plus récemment par Houssay et par Heymans, l'adrénalino-sécrétion n'intervient d'une manière réelle et active que dans le cas de besoin, dans les moments d'activité de l'organisme. Tournade, par contre, a conclu de ses importantes recherches à l'existence d'une sécrétion permanente d'adrénaline, à l'existence d'une adrénalinémie physiologique. Il est certain qu'un grand nombre d'agressions physio-

pathologiques et pharmacologiques (hémorragie, asphyxie, anoxémie, hypoglycémie, émotions, douleurs, travail musculaire, traumatismes, brûlures, froid, fièvre, anesthésie, etc.) provoquent une décharge d'adrénaline dans le sang, que la méthode d'anastomose surrénalo-jugulaire de Tournade et Chabrol a permis de mettre en évidence avec précision.

Mais on est sur un terrain bien moins sûr, lorsqu'il s'agit de fixer la part exacte de l'adrénalino-sécrétion dans le maintien de la pression artérielle, et de l'équilibre glycémique, à l'état de repos, en dehors de toute agression.

Il semble bien que la sécrétion d'adrénaline n'intervienne dans la régulation réflexe du tonus vasomoteur et de la pression artérielle que comme un facteur éventuel d'appui pour le système nerveux vaso et cardiomoteur, car, après surrénalectomie double, on ne constate pas d'hypotension artérielle immédiate. D'autre part, G. Heymans et J. J. Bouckaert ont récemment montré que la part de l'adrénalino-sécrétion dans le rétablissement de la pression artérielle après hémorragie est accessoire par rapport au rôle prépondérant du système vasomoteur. Ils ont constaté, en effet, que la suppression de l'adrénalino-sécrétion par surrénalectomie ne diminue pas la régulation réflexe et automatique de la pression artérielle par l'intermédiaire des zones vaso-sensibles (aorte et sinus carotidiens).

Au point de vue de l'équilibre glycémique, on a fait jouer à l'antagonisme insuline-adrénaline un rôle régulateur très important, l'insulino-sécrétion tendant à abaisser la glycémie en orientant le métabolisme vers l'utilisation du glucose, et l'adrénalino-sécrétion tendant à augmenter la glycémie par mobilisation des réserves de glycogène, le glycogène du foie se transformant en glucose qui passe dans le sang, et le glycogène du muscle se transformant en acide lactique, qui au niveau du foie, reforme du glucose et du glycogène. Là encore, la question s'est posée de fixer l'importance réelle de ce mécanisme, est-il constant et continu, ou seulement éventuel et intermittent?

Les recherches récentes faites dans cette direction, sont plutôt en faveur d'une action éventuelle et intermittente de l'adrénaline.

Le niveau de la glycémie n'est pas modifié chez le Chien après extirpation, en deux temps, de la médullaire gauche et de la glande totale droite (Leloir, 1934). D'autre part, il n'est pas possible d'atténuer le diabète pancréatique en supprimant l'adrénalino-sécrétion, ou plus exactement l'activité des surrénales (Lewis et Turcatti, 1933, Gondard, 1933; Leloir, 1934).

D'après La Barre, l'adrénalino-sécrétion se déclanche lorsque la glycémie s'abaisse au-dessous d'environ 70 mgr. pour 100 c.c.

Il semble en définitive que la conception de l'activité intermittente des surrénales gagne du terrain, ce qui d'ailleurs n'enlève rien à l'importance fonctionnelle de la glande dans la régulation.

HYPOPHYSE. — Les fonctions de l'hypophyse furent longtemps mystérieuses; grâce à l'activité des histo-physiologistes (Roussy, Collin, Aron) des expérimentateurs et des bio-chimistes (Houssay, Collip, Evans, Anselmino et Hoffmann), on a acquis récemment des données précieuses sur son rôle.

L'hypophyse apparaît actuellement comme le plus important des organes pour la régulation des fonctions de nutrition et de reproduction.

Aron (1931) a publié une intéressante conférence sur les fonctions de l'hypophyse; et Houssay (1935) une belle monographie sur les fonctions du lobe antérieur de l'hypophyse, dont voici les conclusions.

L'antérohypophyse, par son action sur la croissance, le métabolisme et les glandes endocrines, est nécessaire pour le développement et le maintien de l'individu normal; alors que, par son action sur les glandes sexuelles, elle est nécessaire au maintien de l'individu. Houssay considère encore l'hypophyse comme une sorte de « moteur commun primitif » des glandes endocrines. Celles-ci sont hypotrophiées ou en état d'hypofonctionnement après ablation de l'hypophyse; elles sont au contraire hypertrophiées, ou en état d'hyperfonctionnement, dans le cas de suractivité hypophysaire. Il existe en outre une corrélation réciproque fonctionnelle entre l'hypophyse et certaines glandes endocrines, comme l'ovaire.

La classification des fonctions de la préhypophyse donnée par Houssay est la suivante :

1° *Fonctions morphogénétiques:* croissance et métamorphose.

2° *Fonctions d'excitation et de régulation des glandes endocrines:* développement et entretien des gonades, de la thyroïde, de la cortico-surrénale, du thymus et du pancréas.

3° *Fonctions sexuelles de reproduction:* développement et entretien des gonades et de leurs fonctions, des caractères sexuels, des mamelles, de la sécrétion lactée.

4° *Fonctions métaboliques* directes ou indirectes, par action sur d'autres glandes endocrines.

Une étude complète des travaux récents sur l'hypophyse dépasserait le cadre de cette revue. Nous avons déjà signalé l'existence d'une thyréostimuline et d'une cortico-stimuline d'origine hypo-

physaire. Nous étudierons plus loin, à propos des glandes sexuelles, les corrélations hypophyso-génitales. Nous nous bornerons à signaler que Houssay et ses collaborateurs ont démontré récemment que la préhypophyse joue un rôle de premier plan dans la régulation de la glycémie. L'hypophyse secrète une hormone diabétogène, dont l'action est antagoniste de l'insuline, et qui a été appelée « contra insuline ».

Les données expérimentales peuvent être résumées ainsi qu'il suit : 1° par injections répétées d'un extrait alcalin de lobe antérieur d'hypophyse on observe un véritable état diabétique (hyperglycémie, glycosurie, insuffisance glycolytique, dénutrition, acidose); 2° L'hypophysectomie faite chez le Crapaud et chez le Chien en même temps que l'ablation du pancréas, a pour effet d'atténuer beaucoup le diabète. Le Chien, par exemple, qui succombe rapidement après ablation du pancréas, survit plus de six mois après ablation du pancréas et de l'hypophyse. Son hyperglycémie est alors modérée, il ne présente à jeun ni glycosurie ni acidose, il est capable de brûler le glucose.

Le diabète grave réapparaît après implantation du lobe antérieur.

On ne saurait trop insister sur l'importance de cette découverte, qui ouvre un horizon nouveau sur la régulation glycémique. Cette régulation, que l'on a mise au compte de l'antagonisme insuline-adrénaline, est fondamentalement conditionnée par l'équilibre insuline-hormone contra-insulaire, l'adrénaline n'intervenant qu'éventuellement, comme secours rapide en quelque sorte, lorsque, par prédominance de la sécrétion insulienne, la glycémie s'abaisse. L'hormone hyperglycémiante thyroïdienne est elle aussi accessoire, car elle paraît agir éventuellement comme l'adrénaline, par son action indirecte sur la sécrétion d'adrénaline d'après Zunz et La Barre.

IX. — **Glandes sexuelles.**

Des progrès considérables ont été faits au cours de ces dernières années sur les fonctions de reproduction chez la femelle. Il a été démontré que ces fonctions dépendent en grande partie d'hormones qui sont secrétées par l'ovaire (folliculine, progestine), par l'hypophyse (gonado-stimulines) et le placenta (prolans) et qui affectent entre elles un équilibre précis au cours des diverses phases de la gestation. L'antérohypophyse joue un rôle de premier plan pour la formation des hormones ovariennes, et celles-ci réagissent à leur tour sur l'activité hypophysaire.

Sous le titre « Equilibre hormonal et gravidité », Brouha et Collin viennent de présenter à l'Association des Physiologistes un remarquable rapport, qui nous a servi de base pour la rédaction de ce chapitre.

Ovulation. — La vie sexuelle est caractérisée par le cycle ovarien. La ponte ovulaire consiste, comme on sait, dans la rupture d'un follicule de de Graaf arrivé à maturité. Le follicule mûr se rompt soit spontanément (tous les 28 jours chez la femme), soit à la suite du coït (Lapin, Chatte, etc). L'ovocyte subit deux mitoses et pénètre dans l'oviducte, où il peut être fécondé.

Aux dépens de l'ovisac rompu et privé de son ovocyte s'édifie un corps jaune, qui est de courte durée en l'absence de fécondation, et persiste longtemps lorsque l'ovocyte est fécondé.

Le cycle ovarien comporte une phase folliculaire, qui se termine par l'ovulation, et une phase lutéinique contemporaine de l'évolution du corps jaune.

D'autre part, rappelons encore qu'actuellement, on a isolé deux hormones ovariennes : 1° la folliculine (appelée encore œstrine, théeline, thélykinine); 2° la progestine, dite encore corporine, lutéine. La folliculine répond à la formule brute $C^{18}\,H^{22}\,O^2$, et son squelette fondamental est celui du phénanthrène. Elle a été isolée à l'état cristallisé à partir des urines de femme enceinte et de jument gestante (Zondek, Girard); elle est capable de faire apparaître les phénomènes de la phase folliculaire et de l'œstus chez la femelle impubère, c'est-à-dire l'hypertrophie de l'utérus (musculature et muqueuse) et du vagin; elle exerce, en outre, une action histogénétique sur la glande mammaire. Elle est contenue dans le liquide folliculaire et résulte probablement de la cytolyse des cellules granuleuses.

La progestine ou hormone lutéinique a été obtenue à partir du corps jaune de la Truie, elle paraît nécessaire à la nidation de l'œuf, et son action la plus caractéristique est la prolifération endométrale. Après injection, la muqueuse utérine s'hypertrophie et présente à la coupe l'état de « dentelle utérine » identique à celui que l'on observe pendant la phase lutéinique normale; elle agit sur l'utérus préalablement folliculinisé.

Schématiquement, les hormones ovariennes (folliculine et progestine), par leur action spécifique sur l'utérus et le vagin, préparent au coït et à la nidation de l'œuf.

Au cours de ces dernières années, il a été démontré que l'antérohypophyse est le *moteur de l'ovaire*, qu'en d'autres termes, l'ovulation (maturation et rupture d'un follicule de de Graaf)

ainsi que la sécrétion des hormones ovariennes dépendent de l'antérohypophyse, qui agit par mécanisme hormonal.

Les implantations de fragments de préhypophyse, ou l'injection d'extraits préhypophysaires à des animaux adultes ou impubères, provoque en effet la congestion intense des ovaires, la maturation de nombreux follicules et la genèse de corps jaunes. On se préoccupe actuellement d'isoler l'hormone ou les hormones antéhypophysaires actives sur l'ovaire, appelées le plus souvent « gonadotropes », ou « gonado-stimulines » ou encore « mitosines ». Un premier point en discussion est le suivant : existe-t-il une ou plusieurs hormones préhypophysaires gonadotropes?

Fevold et Hisaw, Wallen-Lawrence ont récemment préparé à l'état pur deux substances hypophysaires, l'une produisant la maturation folliculaire, et l'autre ayant une action lutéinisante.

Lipschütz admet comme probable l'existence de trois substances hypophysaires gonadotropes, l'une œstrogène, l'autre sensibilisant le follicule à la lutéinisation, et la dernière lutéinisante.

A l'état physiologique, l'ovulation se produit sous l'action du passage dans le sang des hormones gonadotropes hypophysaires. Chez la Lapine, le coït déclanche la sécrétion intense des hormones (R. T. Hill, 1934). La sécrétion hypophysaire est donc responsable de l'ovulation, mais, d'autre part, les expériences de Del Castillo (1932) ont montré que l'ovulation ne se fait pas chez la Lapine si on augmente le taux de folliculine, et celles de Lœb, Gley, etc. que l'injection d'extrait d'ovaire supprime également l'ovulation.

On est arrivé ainsi à la notion nouvelle d'un équilibre hormonal entre gonado-stimuline, folliculine et hormone lutéinique, indispensable à l'ovulation. Il reste à préciser l'intervention du système nerveux sur l'ovulation.

D'après Bacq et Brouha (1932) « l'ovulation serait le résultat d'un réflexe à voie ascendante sensible et à voie descendante humorale, constituant un acte neuro-glandulaire, soit le résultat d'un réflexe psychoglandulaire, dont l'excitation psychique stimulerait le lobe antérieur. »

Nidation et placentation. — Lorsque l'œuf est fécondé, il se fixe au niveau de la muqueuse utérine qui a subi une préparation préalable. Cette préparation à la nidation porte sur l'épithélium (hypertrophie avec formation de glandes, dentelle endométrale) et du chorion (transformation déciduale); elle s'effectue en deux temps, sous l'action successive de la folliculine et de la progestine.

La folliculine sensibilise la muqueuse, la progestine n'agit que sur la muqueuse sensibilisée par la folliculine; il y a synergie entre folliculine et progestine. Pour provoquer le rut chez des animaux impubères ou castrés, on doit leur injecter successivement, dans un rapport chronologique précis, de la folliculine, puis de la progestine; l'administration de progestine seule est inopérante. Pour que la muqueuse utérine présente les remaniements normaux de la phase pré-gravidique (dentelle endométrale et déciduome) il faut, en outre, un certain rapport quantitatif entre folliculine et progestine. Lorsque le taux d'hormone lutéale (progestine) est insuffisant, ces remaniements ne s'observent pas (A. Brouha, 1934); l'augmentation du taux de folliculine provoque le même effet (R. Courrier). Il suffit d'injecter de la folliculine dans les jours qui suivent l'ovulation pour empêcher la nidation et entraîner par suite la mort de l'œuf (Courrier, Parkes, Brouha).

L'hypophyse étant le moteur de l'ovaire agit indirectement sur la nidation.

L'implantation de l'œuf est impossible lorsqu'on augmente le taux de l'hormone préhypophysaire, en transplantant de la glande fraîche, ou en injectant des extraits après la fécondation (Smith, Engel, Evans, etc.). Ce phénomène paraît avoir encore pour cause une augmentation de la folliculine, provoquée par les hormones gonadotropes de l'hypophyse.

La nidation ne se fait pas lorsque l'hypophyse est supprimée, le développement du corps jaune gravidique et la sécrétion de progestine étant sous la dépendance de l'hypophyse (Firor, 1933).

En résumé, la nidation de l'œuf dépend d'un équilibre parfait entre la folliculine, la progestine et la gonado-stimuline (L. Brouha et R. Collin).

Diagnostic précoce de la grossesse. — On a retiré de l'urine des femmes enceintes des substances qui produisent des effets analogues aux gonado-stimulines de l'hypophyse, que l'on désigne souvent sous le nom de « prolans ». L'injection d'urine de femme enceinte provoque en effet l'ovulation chez la Lapine (Friedmann), la lutéinisation et l'hémorragie folliculaire chez la Rate prépubère (Aschheim et Zondek), le développement des organes sexuels secondaires du Rat mâle (Brouha et Simonnet). En outre, la présence de substances analogues aux gonado-stimulines hypophysaires a été trouvée dans le sérum sanguin de juments gestantes et dans certains tissus, en particulier le placenta.

Par suite de la similitude des effets produits sur l'ovaire par les substances retirées de l'urine de gestation et par celles d'origine hypophysaire, on s'est demandé si ces substances n'étaient pas

identiques, suivant l'opinion avancée par Aschheim et Zondek. On a reconnu actuellement qu'il n'en est rien. Il semble, en outre, qu'elle ont pour origine le placenta.

La question de l'unicité ou de la pluralité des gonado-stimulines ou prolans d'origine urinaire s'est posée comme pour les gonado-stimulines d'origine hypophysaire. Dans un travail récent (1934) Brindeau, M. et H. Inglais, ont observé que les urines de certaines femmes (castration, ménopause) ne contenaient que le principe de maturation (prolan A), alors que l'urine de certaines femmes porteuses de môle hydatiforme, contenaient seulement le principe B transformant en corps jaune le follicule sensibilisé, principe de lutéinisation ou prolan B.

Gestation. — La question particulièrement complexe des conditions endocriniennes au cours de la gestation, a fait l'objet de nombreuses études dont l'exposé a été fait récemment (*Thèses* de M. Klein et de R. Kehl, 1934). Chez certaines espèces (Lapine, Souris, Chèvre) l'ovariectomie pratiquée à tous les stades de la gravité entraîne l'avortement, alors que chez d'autres (Femme, Chienne, Cobaye) l'ovaire n'est pas indispensable jusqu'à l'accouchement.

Nous ne pouvons donner qu'un aperçu de la question, d'après L. Brouha et R. Collin. La formation d'un volumineux corps jaune au début de la gestation (corps jaune gravidique) et sa persistance pendant celle-ci laissent supposer que la progestine est nécessaire. En fait, chez certaines espèces (Lapine, Souris, Chèvre), l'ovariectomie entraîne l'avortement, qui peut être évité par injection de doses convenables de progestine (Kehl, 1934). La quantité de progestine nécessaire diminue progressivement, et est faible à la fin de la gestation (Cannon et Allen, 1929). D'autre part, Courrier et ses élèves ont démontré, chez la Lapine gestante, que la folliculine exerce une action antilutéinique et abortive, ce qui laisse supposer la nécessité d'un équilibre hormonal, comparable à celui qui existe pour la nidation, pour que la gestation s'accomplisse normalement. L'hypophyse intervient au cours de la gestation par sécrétion de gonado-stimuline, qui semble régler l'équilibre folliculine-progestine. L'hypophysectomie pratiquée au cours de la gestation chez la Lapine, provoque la régression des corps jaunes et l'expulsion de fœtus morts (Firor, Smith et White).

Il semble que ces résultats puissent être étendus aux autres espèces animales. L'extirpation du lobe postérieur de l'hypophyse est sans action sur les fonctions sexuelles et la gestation (Bell, Dott, Houssay, Smith). De l'ensemble de ces faits, on a conclu que la gonado-stimuline d'origine préhypophysaire conditionne l'activité lutéinique (développement du corps jaune, sécrétion de progestine), nécessaire pour une gestation normale.

Chez la Femme et chez les Primates, l'équilibre hormonal paraît différent. La présence de l'ovaire n'est pas indispensable pour mener une gestation à terme, le placenta se substituant à l'ovaire pour la sécrétion des hormones.

Dès le début de la grossesse chez la Femme, le complexe gonadotrope préhypophysaire (Prolan A-Prolan B) apparaît brusquement et en forte quantité dans le sang et dans l'urine (V. diagnostic précoce de la grossesse). Le prolan B aurait pour fonction de stimuler le corps jaune et d'empêcher sa régression (Schokaert, 1934). D'autre part, la folliculine est présente dans les humeurs de la femme enceinte; son taux, faible au début, s'accroît vers le troisième mois et va en augmentant jusqu'au terme, alors qu'inversement, le taux du prolan décroît au cours de la grossesse. On tend actuellement à admettre que le placenta est capable de secréter, comme l'ovaire, la folliculine et la progestine. Pour ce qui est de l'origine du prolan, la question est plus discutée. La théorie de l'origine purement placentaire du prolan a de nombreux défenseurs. La forte augmentation de la folliculine à la fin de la gestation est une condition favorable, et peut être nécessaire, à l'accouchement.

Kehl a montré expérimentalement qu'un accroissement provoqué de folliculine à la fin de la gestation (Lapine) suffit à déclancher la mise-bas. Inversement, on peut prolonger expérimentalement la durée de la gestation par injection de progestine (Brouha, Portman), ce qui laisse supposer que l'utérus ne peut expulser son contenu que si le taux de la folliculine est élevé et le taux de la progestine faible ou nul.

L'activité du système hypophysogénital est capital au cours de la gestation, mais il n'est pas le seul à réagir, les autres glandes endocrines (épiphyse, thyroïde, parathyroïdes, surrénales, thymus) interviennent aussi.

Lactation. — La physiologie des glandes mammaires a beaucoup progressé au cours de ces dernières années. Le rôle de l'ovaire, ou plus exactement des hormones ovariennes (folliculine, progestine), dans le développement des mamelles et dans leur préparation à la lactation, a été reconnu depuis longtemps, et la question actuellement controversée est celle du rôle respectif de la folliculine et de la progestine.

A partir de la puberté, pendant toute la vie

sexuelle, au moment de l'ovulation périodique, la mamelle se développe et se congestionne. Le même effet est obtenu expérimentalement par injection de folliculine. Kamenicek (1933) a réussi à provoquer la sécrétion lactée de femelles castrées par injections successives de folliculine et d'extrait de corps jaunes (progestine). La préhypophyse étant le moteur de l'ovaire, il était à présumer qu'elle joue un rôle important dans la sécrétion lactée.

Stricker et Grueter (1928) ont démontré les premiers que l'injection d'extrait alcalin de préhypophyse à des Lapines castrées, au dixième jour d'une pseudo-gestation, provoquait la lactation, et l'on a récemment isolé du lobe antérieur une « lacto-stimuline », appelée le plus souvent *prolactine*, qui détermine l'apparition de la montée laiteuse (Riddle, Gardner et Turner). La méthode d'étude par déficit a donné des résultats concordants. L'hypophysectomie produit une atrophie progressive des glandes mammaires, elle empêche la montée du lait lors de la mise-bas lorsqu'elle est pratiquée au cours de la gestation; elle tarit rapidement la sécrétion lactée des animaux en lactation (Allan et Wiles, Collip, Selye, etc).

La découverte du facteur hypophysaire de la lactation a donné une explication très satisfaisante de la montée laiteuse post-partum. Au cours de la gestation, et surtout vers la fin, la glande mammaire est activée par la folliculine dont le taux s'accroît au fur et à mesure que le fœtus arrive plus près du terme. Après l'accouchement, le taux de folliculine dans le sang maternel décroît brusquement, par suite vraisemblablement de la perte du placenta, en même temps que la prolactine d'origine hypophysaire est sécrétée en grande quantité et détermine la montée laiteuse.

Les deux phénomènes concomitants, chute de la folliculine et sécrétion de prolactine, ont permis de supposer que la sécrétion de prolactine était empêchée pendant la gestation par la présence de folliculine en circulation, et l'expérience a montré qu'il en était bien ainsi. Des expériences récentes (1934) de Smith, Collip, Nelson, ont démontré que la montée laiteuse est empêchée après l'accouchement par l'administration de folliculine, ce qui permet de conclure que, pendant la gestation, la sécrétion de prolactine est inhibée par la folliculine.

Là encore, nous retrouvons un exemple particulièrement net d'équilibre hormonal. On ne sait encore si la folliculine agit directement sur l'hypophyse ou par l'intermédiaire d'un centre nerveux.

La découverte des conditions hormonales de la lactation laisse entière la question de l'intervention concomitante de facteurs nerveux. D'après Selye, Collip et Thompson (1934) l'exonération d'un utérus gravide (césarienne chez le Cobaye) entraîne une montée laiteuse, qui ne se produit pas lorsqu'on empêche l'involution utérine en injectant de la paraffine dans l'utérus, ce qui laisse supposer que l'utérus distendu inhibe l'hypophyse par l'intermédiaire d'un centre nerveux.

Pendant toute la période d'allaitement l'hypophyse intervient, l'hypophysectomie arrêtant aussitôt la lactation. De même que le coït provoque, par voie nerveuse, chez la Lapine, la sécrétion hypophysaire de gonado-stimulines, de même la succion du mamelon déclanche la sécrétion de prolactine par voie nerveuse (Selye, Collip et Thompson, 1934).

X. — Muscle.

Phénomènes chimiques de l'activité musculaire. — *Muscle isolé.* — Les recherches qui ont eu pour but de déterminer la nature et le cycle des réactions chimiques couplées, qui accompagnent une secousse musculaire ou un court tétanos, continuent à être très nombreuses, et nous ne pouvons en donner qu'un aperçu sommaire.

Le schéma suivant, de P. Eggleton, représente la succession des diverses phases physico-chimiques, d'après les récents travaux.

a) Un système physique se décharge et fournit l'énergie pour la contraction.

b) Adénylpyrophosphate + glycogène = hexophosphate + acide adénylique + énergie pour recharger le système physique.

c) Phosphagène + acide adénylique = adénylpyrophosphate + créatine.

d) Hexosephosphate + créatine = phosphagène + acide lactique + phosphate inorganique.

e) Acide lactique + oxygène = glycogène + CO^2 + H^2O.

La première phase est particulièrement intéressante, elle correspond à une nouvelle théorie tout à fait originale de la contraction musculaire, qui a été soutenue par Ritchie.

D'après cet auteur, le mécanisme musculaire, quelle que soit sa nature, comporte, pendant le repos, une charge à un potentiel élevé, potentiel qui se maintient au repos. Par excitation, le potentiel tombe à zéro et le muscle tend à se raccourcir, son raccourcissement correspondant à l'état de décharge; il se relâche ensuite, parce que le mécanisme contractile revient aussitôt à son potentiel initial élevé de repos, grâce à la mise en œuvre

rapide et accélérée de réactions chimiques qui existent normalement, à l'état de repos.

Pour les muscles à contraction rapide, le déchargement débuterait par le processus rapide de décomposition du phosphagène, suivi des autres réactions. En définitive, le fonctionnement du muscle au repos et en activité serait qualitativement identique, et toutes les réactions chimiques tendraient à la mise au repos du muscle et à la restauration de son potentiel.

Travail musculaire chez l'Homme. — On sait que, lorsqu'un sujet fournit un effort rapide et violent, sa consommation d'oxygène augmente surtout pendant la période qui suit l'effort; on appelle *dette d'oxygène* la quantité supplémentaire d'oxygène utilisée pendant la phase de restauration. D'après Salandt et Ridout, il suffit de 30 à 45 secondes d'un exercice très violent pour créer une dette d'oxygène de 5 à 10 litres. Après cet effort, l'élimination de CO^2 retourne à la normale en une heure et demie, alors que la consommation d'oxygène n'est pas encore revenue au taux normal même après deux heures. Il est possible que l'augmentation prolongée de la consommation d'oxygène ait pour cause une stimulation de la thyroïde, la teneur en iode du sang augmentant dans ces conditions (Herxheimer, etc.).

Un autre fait intéressant a été mis en évidence par Margaria, Edwards et Dill. Ils ont observé que l'acide lactique du sang n'augmente pas pendant ou après l'exercice lorsque la dette d'oxygène est inférieure à 2,5 litres. Lorsque l'exercice est plus violent et crée une dette d'oxygène supérieure, l'acide lactique augmente dans le sang, proportionnellement à l'importance de la dette d'oxygène supplémentaire (7 gr. par litre). Les Auteurs ont conclu que l'oxygène utilisé pendant la phase de restauration après exercice peut être divisé en trois parts :

a) l'oxygène correspondant au métabolisme basal (accru après l'exercice pendant quelques heures, par rapport au métabolisme basal avant l'exercice); *b*) l'oxygène nécessaire pour combler une dette d'oxygène (non lactique) processus rapide ayant en quelque sorte la priorité; *c*) l'oxygène nécessaire pour faire disparaître l'acide lactique en excès, processus beaucoup plus lent (15 fois) que le précédent.

Le fait que la dette d'oxygène inférieure à 2,5 litres, du type « non lactique », est rapidement payée, laisse supposer que la source anaérobie de l'énergie utilisée pour un exercice modéré provient surtout de la décomposition du phosphagène, qui est dans le muscle en quantité suffisante pour fournir l'énergie nécessaire à la resynthèse.

A l'aide de leur grande chambre calorimétrique et respiratoire, utilisée comme chambre ergométrique, Lefèvre et Auguet ont étudié les rendements de la machine vivante (Homme) dans les grandes puissances de travail. Le rendement varie suivant la température extérieure, il est faible (21 p. 100) aux températures élevées (25° à 40°), et s'améliore rapidement pour les températures basses (27 p. 100 à 5°). Le travail effectué à basse température est plus économique.

Le combustible utilisé pendant le travail musculaire. — Suivant une théorie longtemps classique, la glucose a été considérée comme le seul combustible utilisé par le muscle en activité. A vrai dire, on admettait bien que les graisses pouvaient servir de combustible au muscle, mais indirectement, après avoir été transformées en glucose, au niveau du foie. Des recherches récentes laissent supposer que le muscle utilise directement les graisses dans une large mesure, lorsque les réserves glucidiques sont épuisées. D'après Dill, Jones et Edwards, un Chien à jeun ayant travaillé à la roue pendant 27 heures, a fourni 190.000 kgm. alors que ses réserves totales de glycogène, calculées largement (foie 10 %, muscle 1 %) n'auraient pu fournir que 10 % du travail effectué.

Des recherches du même type ont été faites sur un athlète, dont les échanges respiratoires ont été déterminés. Le quotient respiratoire s'est abaissé rapidement de 0,83 à 0,75 et n'a pas varié sensiblement pendant les périodes intermédiaires de repos.

Edwards, Margaria et Dill ont soumis un sujet à un exercice assez prolongé et assez intense pour faire tomber les réserves glucidiques à un taux très bas; dans ces conditions, l'étude du quotient respiratoire a indiqué une utilisation croissante des graisses, leur part dans la production de l'énergie totale libérée passant de 8 à 77 p. 100.

Dans le même ordre d'idées, signalons que Gemmill a constaté chez l'Homme une augmentation des corps cétoniques dans le sang pendant et après l'exercice, lorsque le sujet est soumis à un régime pauvre en glucides.

XI. — Système nerveux.

Les transmetteurs chimiques de l'influx nerveux. — Sympathine et Acétylcholine. — La transmission de l'influx nerveux d'un neurone à un autre neurone ou à une cellule réactionnelle (muscle, glande) a été longtemps considérée comme un simple phénomène de conduction physique par continuité, l'influx se propageant direc-

tement sans le secours d'aucun mécanisme chimique intermédiaire. La découverte de corps chimiques libérés par l'influx au niveau des terminaisons nerveuses, nécessaires pour transmettre l'influx et assurer son action périphérique, capables d'agir à distance par voie humorale, représente l'acquisition la plus importante de la physiologie nerveuse contemporaine; elle est due en grande partie à Henri Dale et son école, ainsi qu'à Cannon.

Jusqu'ici la transmission chimique de l'influx nerveux n'a été bien démontrée que pour le système nerveux autonome ou vago-sympathique, mais les recherches en cours laissent supposer qu'elle s'étendra à la totalité des systématisations nerveuses. C. Soula, en France, a fait connaître avec beaucoup de clarté les travaux d'Henri Dale; Bacq a publié un important rapport sur la pharmacologie du système nerveux autonome, et particulièrement du sympathique, d'après la théorie neuro-humorale et L. Lapicque sur les excitants et paralysants du système nerveux autonome (1934).

L'idée de la transmission chimique de l'influx nerveux a été émise pour la première fois, en 1904, par T. R. Elliot, qui avait été frappé par la similitude des effets produits par l'excitation électrique du sympathique et par l'adrénaline (action sympathico-mimétique de l'adrénaline). Plus tard (1921) Otto Lœwi a démontré que le pneumogastrique produit ses effets sur le cœur de Grenouille par libération d'une substance inhibitrice que l'on retrouve dans le liquide de perfusion, car celui-ci, transfusé à un autre cœur, y détermine l'effet de l'excitation vagale. Lœwi a cherché à caractériser la « substance vagale », qu'il a considérée comme voisine de l'acétylcholine.

Au cours de ces dernières années, il a été démontré que l'excitation des nerfs périphériques du système autonome agit en libérant des intermédiaires chimiques. Dale a classé les nerfs périphériques en deux catégories, suivant la nature de la substance chimique libérée : 1° les nerfs *chlolinergiques*, tels que le vague, dont les effets sont transmis par l'acétylcholine, ou une substance voisine; 2° les nerfs *adrénergiques*, dont les effets sont transmis par libération de l'adrénaline ou d'une substance analogue (sympathine).

Nerfs cholinergiques. — Acétylcholine. — Pour démontrer la libération d'acétylcholine consécutive à l'excitation d'un nerf, il a fallu trouver des tests capables de déceler la présence d'une quantité minime de ce corps. Parmi ces tests, le plus sensible est le muscle longitudinal de l'extrémité antérieure du dos de la Sangsue, suspendu dans une solution salée contenant de l'ésérine (Minz et Binet). L'ésérine est ajoutée au liquide, parce qu'elle empêche l'inactivation de l'acétylcholine, qui est très instable en présence de sang ou d'extraits de tissus. A 40° l'acétylcholine est presque entièrement détruite par le sang humain en 15 secondes. L'inactivation de l'acétylcholine s'effectue par son hydrolyse en choline et acide acétique, sous l'action d'une estérase spécifique dont l'action est empêchée par l'ésérine. L'acétylcholine peut encore être dosée par son action sur l'oreillette isolée de Lapin, sur le cœur de Grenouille, l'intestin grêle (Souris, Lapin), le muscle strié de Grenouille, etc. La valeur de ces différents tests a été discutée par Chang et Gaddum, Kahlson, Beznak, etc.

Expérimentalement, la démonstration du mécanisme cholinergique a été faite de diverses façons. Le procédé le plus simple et le plus convaincant s'inspire de l'expérience initiale de Lœwi; il consiste à stimuler le bout périphérique d'un nerf, et à rechercher dans le liquide de perfusion de l'organe excité la présence d'acétylcholine par un des tests déjà signalés. A condition d'utiliser l'ésérine l'expérience est relativement simple. D'après Dale et Gaddum, on peut encore admettre l'existence d'un mécanisme cholinergique, lorsque l'injection d'ésérine *in vivo* augmente beaucoup les effets physiologiques normaux de l'excitation nerveuse.

La plupart des nerfs cholinergiques appartiennent au système nerveux parasympathique, mais, fait curieux, cette donnée comporte des exceptions, de telle sorte que les données anatomiques classiques sur le système nerveux autonome et les données expérimentales nouvelles sont loin d'être concordantes.

Les nerfs du système parasympathique dont les effets périphériques sont transmis par l'acétylcholine sont le nerf vague du cœur (Chang et Gaddum), du poumon (Thornton), la corde du tympan dont l'excitation provoque la sécrétion de la glande sous-maxillaire (Babkin, Gibbs et Szelöczey, Henderson et Rœpke), les nerfs pelviens de la vessie, et les nerfs érecteurs (Henderson et Rœpke), les nerfs vaso-moteurs de la langue (Bain, Feldberg, Plattner), etc.

L'acétylcholine est bien le transmetteur des effets parasympathiques périphériques, mais elle intervient aussi dans la transmission des effets du sympathique vrai. A ce point de vue il y a lieu de distinguer l'intervention du mécanisme cholinergique dans les nerfs sympathiques post et préganglionnaires.

Chez le Chat et l'Homme les nerfs sudoraux

sont formés de fibres nerveuses issues des cellules ganglionnaires de la chaîne sympathique. Les glandes sudorales devraient donc réagir, par une sécrétion profuse à l'injection d'adrénaline, qui est le type parfait du *sympathico-mimétique* et ne pas réagir à l'injection d'acétylcholine. Or c'est l'inverse qui se produit. Cette anomalie de réaction à l'adrénaline des glandes sudorales, signalée depuis longtemps par Langley (1901) et Elliot, s'explique actuellement grâce aux recherches de Dale et Feldberg, qui ont montré que les fibres post-ganglionnaires de nerfs sudoraux sont cholinergiques et non adrénergiques. Ces auteurs ont constaté la présence d'acétylcholine dans le liquide de perfusion (Locke faiblement ésériné) d'une patte de chat pendant l'excitation des nerfs sympathiques.

La sudation chez l'Homme s'établit aussi vraisemblablement par le mécanisme cholinergique. Shérif a récemment montré la présence de fibres cholinergiques dans les nerfs hypogastriques innervant l'utérus de la Chienne.

Le mécanisme cholinergique explique encore la vasodilatation et la contracture des muscles volontaires, que l'on peut provoquer dans certaines conditions. On savait qu'une semaine environ après section des nerfs moteurs, le muscle volontaire devient particulièrement sensible à l'acétylcholine, qui provoque alors un état de contracture, et que ce même état est encore obtenu par excitation des nerfs vaso-moteurs du muscle.

Dale et Gaddum (1930) étudiant le phénomène de la contracture des muscles de la patte postérieure, consécutive à la section des nerfs moteurs (phénomène de Sherrington), l'ont expliqué par libération d'acétylcholine. Plus récemment, Hinsey et Cutting ont montré l'intervention de fibres sympathiques vraies à transmission cholinergique, dont l'action est analogue à celle des fibres sympathiques post-ganglionnaires, qui contrôlent la sécrétion sudorale.

A vrai dire, ces deux exemples sont des exceptions, car, en règle générale, les nerfs sympathiques post-ganglionnaires agissent par le mécanisme adrénergique. Il n'en est pas de même lors de l'excitation pré-ganglionnaire du sympathique. Dans ce cas, en effet, le rôle d'acétylcholine comme transmetteur de l'influx paraît la règle. C'est ainsi que l'excitation des nerfs splanchiques qui provoque, comme on sait, la sécrétion d'adrénaline par la médullo-surrénale sont cholinergiques (Felderg et Minz). Il suffit d'injecter de l'acétylcholine pour provoquer une décharge d'adrénaline. De même, les fibres nerveuses sympathiques allant au ganglion cervical supérieur sont cholinergiques (Kibjalow, Feldberg et Gaddum), ainsi que les fibres allant au ganglion mésentérique inférieur.

Les faits montrent que l'excitation des nerfs sympathiques pré-ganglionnaires libère de l'acétylcholine en quantité suffisante pour exciter le neurone ganglionnaire et lancer un influx dans la fibre post-ganglionnaire.

En résumé, non seulement l'acétylcholine intervient comme transmetteur au niveau des terminaisons nerveuses parasympathiques et de certaines terminaisons nerveuses sympathiques, mais encore au niveau des sinapses ganglionnaires.

Signalons, enfin, que, d'après Dale et Feldberg, la transmission de l'influx moteur au muscle strié volontaire, s'effectuerait par le mécanisme cholinergique, mais les recherches faites dans cette direction ne sont pas assez avancées pour conclure.

Il est très probable que l'acétylcholine intervient encore dans le tonus musculaire et dans les états de contracture du muscle strié.

Nerfs adrénergiques. Sympathine et adrénaline. — La transmission de l'influx nerveux par l'adrénaline ou une substance analogue, entrevue par Elliot, a été étudiée par Cannon, Rosenblueth, Bacq, H. Frédéricq, etc. Cannon a désigné sous le nom de « sympathine » la substance libérée. Le champ d'action de la sympathine est beaucoup plus restreint que celui de l'acétylcholine, car la sympathine est libérée seulement par excitation des nerfs sympathiques post-ganglionnaires, sauf quelques exceptions que nous avons déjà signalées (nerfs sudoraux par exemple).

La technique de recherches de la sympathine est analogue à celle de l'acétylcholine. Un organe isolé (cœur, rate, etc.) est perfusé, on excite le bout périphérique du nerf, et on recherche dans le liquide de perfusion la présence de sympathine. Le test le plus sensible est celui de la membrane nictitante du Chat, dont les contractions produites par l'adrénaline ou la sympathine s'inscrivent facilement et pendant plusieurs heures. On peut aussi opérer *in vivo*. Dans un premier temps, on résèque chez le Chat le cordon sympathique, et l'on arrache le ganglion cervical du même côté. Lorsque toutes les fibres sympathiques post-ganglionnaires qui innervaient la membrane nictitante sont dégénérées, celle-ci devient très sensible à l'action de l'adrénaline ou de la sympathine. Sur l'animal ainsi préparé et préalablement anesthésié, on ligature les surrénales pour empêcher la sécrétion éventuelle d'adrénaline, puis on excite le bout périphérique du nerf à étudier. Lorsqu'il est adrénergique la sympathine libérée passe dans le sang en quantité suffisante pour provoquer la contrac-

tion de la membrane nictitante. A l'aide de cette technique, Bacq et Frédéricq ont montré récemment que la stimulation du nerf splénique libère de la sympathine.

Comme on sait, l'excitation du sympathique produit des effets différents sur la musculature lisse des organes. L'effet excitateur s'observe pour les muscles des artères (vaso-constriction) la membrane nictitante, etc.; l'effet inhibiteur pour l'intestin, l'utérus, etc.

Pour expliquer ces deux modalités d'action, Bacq a supposé l'existence de deux intermédiaires chimiques qui seraient l'adrénaline lorsque le sympathique est inhibiteur, et la noradrénaline (adrénaline non méthylée) lorsque le sympathique est excitateur.

D'après Cannon et Rosenblueth, la substance chimique libérée par excitation est la sympathine, identique ou très voisine de l'adrénaline, elle est inactive par elle-même.

En se combinant dans les cellules à une substance E (excitatrice) on a une substance I (inhibitrice), elle deviendrait active. L'existence de deux sympathines, E et I, expliquerait ainsi les deux modalités d'action du sympathique.

La nouvelle théorie de transmission à distance de l'influx nerveux par le sang transportant des intermédiaires chimiques libérés au niveau des terminaisons nerveuses du système nerveux autonome a rallié la majorité des physiologistes. Elle présente un grand intérêt.

La médullo-surrénale qui sécrète de l'adrénaline apparaît maintenant comme un organe de luxe, renforçant en quelque sorte une activité nerveuse normale. A la conception rigide du système nerveux autonome basée sur l'anatomie, système sympathique et para-sympathique, se substitue la conception physiologique plus exacte de systèmes adrénergique et cholinergique.

Mais, cette nouvelle systématisation ne donne, à vrai dire, qu'une première approximation. Il serait peut-être plus exact de parler de système à prédominance cholinergique ou adrénergique, car il semble que certains nerfs puissent contenir un mélange de fibres adrénergiques et cholinergiques. Ce serait le cas par exemple pour le sympathique cervical du Chat (Bacq et Frédéricq).

Signalons enfin que le mécanisme de la régénération des nerfs a été éclairci par la connaissance du mécanisme chimique de transmission de l'influx. Une fibre cholinergique peut régénérer une fibre cholinergique et non une fibre adrénergique; inversement, une fibre adrénergique régénérera une fibre adrénergique et non une fibre cholinergique.

H. Delaunay,
Professeur à la Faculté de Médecine
de Bordeaux.

BIBLIOGRAPHIE

GLANDES ENDOCRINES

Aron (M.) : Physiologie de l'hypophyse. Conférences de Physiologie médicale. Masson et Cie, 1933.

Gondard (L.) : A propos des modifications sanguines consécutives à l'excision bilatérale des capsules surrénales. *Ann. Physiol. et Physicochimie biol.*, XI, 1935.

Houssay (B.-A) : Las Funciones des Lobulo anterior de la Hipofisis. Rosario, 1935. — The Hormones. *Ann. Rev. Biochemistry*, IV, 1935.

Leloir (L.-F.) : Suprarrénales y Metabolismo de Los Hidratos de Carbona. Thèse Médecine, Buenos-Ayres, 1934.

Thompson (D. L.) et Collip : The Hormones. *Ann. Rev. Biochemistry*, IV, 1934.

GLANDES SEXUELLES. FONCTIONS DE REPRODUCTION

Brouha (L.) et Collin (R.) : Equilibre hormonal et gravidité. Rapport présenté à la IXe Réunion de l'Association des Physiologistes. *Ann. de Physiol. et Physicochimie biol.*, XI, 1935.

MUSCLE

Eggleton (P.) : The Chemistry of Muscle. *Ann. Review of Biochemistry*, IV, 1935.

Lefevre (J.) : Thermo-régulation et rendement du travail de la Machine vivante, en fonction de la température extérieure. *Ann. Physiol. et Physiochimie biol.*, XI, 1935.

SYSTÈME NERVEUX.

Bacq (Z.-M.) : La pharmacologie du système nerveux autonome, et particulièrement du sympathique, d'après la théorie humorale. Rapport présenté à la VIIIe Réunion de l'Association des Physiologistes. *Ann. Physiol. et Physicochimie biol.*, X, 1934.

Gaddum (J.-H.): Choline and allied substances. *Annuel Review of Biochemistry*, IV, 1935.

Lapicque (L.) : Excitants et Paralysants dans le domaine du système nerveux autonome. Rapport présenté à la VIIIe Réunion de l'Association des Physiologistes. *Ann. Physiol. et Physicochimie biol.*, X, 1934.

Soula (C.) : Lecture de Henry Dale. Imprimerie toulousaine, 1935.

PROPRIÉTÉS ÉLASTIQUES ET ÉLECTRIQUES DES COUCHES MONOMOLÉCULAIRES

Certaines substances insolubles sont susceptibles de s'étaler indéfiniment à la surface de l'eau, et ceci même après s'être réduites par ce fait à l'épaisseur d'une seule assise moléculaire. En effet, tout en étant retenues à la surface, les molécules de ce voile, *monomoléculaire* en épaisseur, s'écartent de plus en plus les unes des autres, tant qu'une substance étrangère, souillant fortuitement la surface de l'eau, ne s'oppose pas à leur expansion. Le voile ne peut plus s'amincir, mais ses mailles deviennent de plus en plus lâches.

L'interprétation de ce phénomène superficiel et des curieuses conséquences qu'il entraîne fait sans cesse appel aux notions d'*énergie libre* ou de *tension superficielle*. Je commencerai donc par les définir.

Tension superficielle et tension interfaciale. — Au sein d'un liquide, isolons par la pensée un prisme de 1 cm² de section droite. Puis, en exerçant une traction aux deux bouts et en nous conformant aux conditions de la réversibilité, supposons que nous le séparions en deux tronçons suivant une section droite. Le travail W absorbé aura servi à créer deux surfaces libres du liquide ayant chacune 1 cm² : il aura vaincu les actions intermoléculaires (la cohésion) s'exerçant entre molécules identiques placées de part et d'autre de la surface de rupture. Chaque unité de surface du liquide, ainsi créée, représente donc une réserve d'énergie libre de $W/2 = \gamma$ ergs/cm².

Au lieu d'opérer par arrachement, on peut aussi créer 1 cm² de surface nouvelle en agissant tangentiellement à la surface déjà existante du liquide et de façon à l'étaler sur une plus grande aire. Pour cela, on peut imaginer, par exemple, que l'on déplace un des bords du récipient de 1 cm. vers l'extérieur. Dans cette translation, chaque cm. du bord crée derrière lui 1 cm² de surface nouvelle, représentant γ ergs d'énergie libre qu'il nous faudra fournir sous forme de travail. Tout se passe donc comme si la surface du liquide était tendue d'une membrane élastique s'agrippant sur ses bords et exerçant, normalement sur chaque cm. de ceux-ci, une force dirigée tangentiellement à la surface et vers l'intérieur. Si le liquide a une *énergie superficielle libre* de γ ergs par cm², on dit que sa *tension superficielle* est de γ dynes par cm. En effet, pendant la translation de 1 cm., une force de γ dynes, appliquée à chaque unité de longueur du bord, effectue bien un travail de $\gamma \times 1$ cm. $= \gamma$ ergs[1]. La tension superficielle des liquides se mesure par divers procédés expérimentaux (hauteur d'élévation dans les tubes capillaires, méthode des gouttes, etc...).

Reprenons l'exemple de la colonne liquide que l'on partage en deux tronçons. Supposons cette fois que notre prisme géométrique ne soit pas rempli d'un seul et même liquide, mais que précisément la section droite de rupture soit celle qui sépare une substance liquide A d'une autre B. Comme la surface libre d'un liquide, la surface de contact entre deux liquides A et B présente une énergie libre, soit une *énergie interfaciale* γ_{AB} ergs par cm², à laquelle correspond une *tension interfaciale* mesurable. Une expérience préalable, ne faisant intervenir que A ou B seul, nous aura permis de déterminer les tensions superficielles, ou autrement dit les énergies superficielles libres, respectives de A et B : γ_A et γ_B Si donc, comme tout à l'heure, nous arrachons l'une de l'autre les deux parties de la colonne, nous obtiendrons de part et d'autre des surfaces de 1 cm², de natures différentes, représentant ensemble une réserve d'énergie libre de $\gamma_A + \gamma_B$. Contrairement au cas d'un liquide unique, cette énergie n'aura été fournie qu'en partie par le travail d'arrachement W_{AB}, le reste provenant de l'énergie interfaciale γ_{AB}. C'est-à-dire que

$$\gamma_A + \gamma_B = W_{AB} + \gamma_{AB}.$$

Nous en déduirons que

$$\gamma_{AB} = (\gamma_A + \gamma_B) - W_{AB}$$

et que γ_{AB} décroît lorsque W_{AB} croît.

Mais le travail W_{AB} est une mesure de l'énergie d'adhésion des liquides A et B; il croît avec l'affinité que les deux liquides peuvent présenter. Retenons donc que la tension interfaciale γ_{AB} est d'autant plus faible que les substances A et B ont une plus grande affinité réciproque et qu'elle s'annule, en même temps que la surface de séparation disparaît, pour le cas où les deux liquides sont miscibles ou peuvent se combiner.

Conditions d'étalement d'une substance à la surface de l'eau. — On sait qu'une goutte d'huile de paraffine, déposée à la surface de l'eau, s'aplatit et prend une forme lenticulaire (fig. 1). L'huile surnage et les angles de contact *a* et *b*

1. Toutes ces opérations fictives sont, bien entendu, effectuées à température constante.

ne sont pas nuls. L'ensemble, soumis à différentes forces antagonistes, est en équilibre. L'unité de longueur le long du contour de la lentille, en O par exemple, appartenant à trois régions à la fois, est soumise à trois forces : la tension superficielle

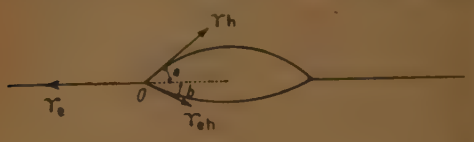

Fig. 1.

de l'eau γ_e, celle de l'huile γ_h et enfin la tension interfaciale huile/eau γ_{he}. Nous constatons que ces trois forces s'équilibrent : $\vec{\gamma_e} + \vec{\gamma_h} + \vec{\gamma_{he}} = 0$. C'est-à-dire que les angles a et b sont tels que $\gamma_e = \gamma_h \cos a + \gamma_{he} \cos b$. Remarquons tout de suite que la valeur maximum de la résultante des deux tensions propres à l'huile ne peut être que $\gamma_e + \gamma$

Si par suite, $\gamma_h + \gamma_{he} < \gamma_e$, le point O ne peut pas se maintenir en équilibre, γ_e l'emporte et on dit que *la goutte s'étale*. Quelle peut être l'interprétation physique ? On peut dire que c'est de la lutte entre force de cohésion à l'intérieur de l'huile et affinité réciproque des deux liquides que se décide le sort d'une molécule appartenant à la région du contour de la goutte : celui d'y demeurer ou au contraire d'être entraînée à la surface de l'eau. A 20° C., une huile de paraffine présente une tension superficielle de 32 dynes/cm., sa tension interfaciale au contact de l'eau est de 46 dynes cm. Par suite $\gamma_h + \gamma_{he} = 46 + 32 = 78$ est supérieure à la tension superficielle, $\gamma_e = 72$ de l'eau ; aussi une goutte de cette huile ne s'étale pas à la surface de l'eau. Mais, par contre, l'acide oléique, dont la tension superficielle est voisine, $\gamma_o = 31$, contient une fonction acide (groupement COOH) présentant une grande affinité pour l'eau, ce qui abaisse sa tension interfaciale à 12 dynes seulement. Du fait $\gamma_{oe} + \gamma_{oe} = 31 + 12 = 43$ est notablement inférieur à $\gamma_e = 72$ et l'on constate qu'une goutte d'acide oléique, déposée à la surface de l'eau, s'éparpille aussitôt et qu'elle s'étale tant que γ_e subsiste, c'est-à-dire tant qu'il reste encore une partie découverte de la surface. Une question se pose alors.

Existe-t-il une limite à l'étalement ? — Supposons que la surface de l'eau ait une étendue indéfinie. La lisière de notre lame d'huile, soumise à une véritable *pression* d'expansion, $\vec{\gamma_e} - \vec{\gamma_o} - \vec{\gamma_{oe}} = 29$ dynes cm. pour l'acide oléique, avancera-t-elle indéfiniment ? Remarquons que son étalement se produit au dépend de son épaisseur. S'il existe une limite à cette extension, à quelle épaisseur de la couche correspond-elle ? Telle a été l'origine de l'étude des couches monomoléculaires.

Comment suivre d'ailleurs cet étalement de l'huile ? La gouttelette de substance grasse, que nous avons déposée à la surface de l'eau d'une cuve, a tôt fait de s'étendre en une flaque, visible tant que son épaisseur est suffisante pour donner des couleurs irisées. Tout en assistant à la dislocation de la flaque, on remarque que ses fragments en s'étalant sont déportés par un mouvement d'ensemble divergeant du point où l'on a souillé la surface. On devine, même à première vue, qu'entre les flaques, une pellicule, beaucoup plus ténue et imperceptible, envahit la surface, éparpillant la lame et se formant à ses dépens. Pour l'acide oléique, la pression, et par suite la vitesse d'expansion, est tellement grande que le processus de l'étalement est en fait imperceptible. On voit en un clin d'œil la surface entière frissonner aussitôt que l'on y dépose une trace du corps gras.

On doit à Devaux un artifice qui permet de suivre indéfiniment l'étalement de la substance. Au moyen d'un tamis, saupoudrons de talc la surface non souillée de l'eau contenue dans une cuve Si nous soufflons maintenant tangentiellement à la surface afin de balayer les grains de talc, nous pourrons facilement les rassembler contre une des parois de la cuve où ils formeront une plage bien uniforme et continue. Après l'avoir à nouveau saupoudrée, déposons au milieu de notre surface une quantité très faible d'un corps gras. Nous assisterons à une véritable « explosion à deux dimensions ». Autour du point touché, les grains de talc seront chassés vers la périphérie. Un cercle, démuni de talc, apparaîtra dont la circonférence ira en s'élargissant, envahissant très rapidement la surface entière. Chassée par la nappe d'huile, la lisière formée par le talc viendra se tasser sur les bords de la cuve. Saupoudrons encore une fois cette surface nue et soufflons tangentiellement. Nous constaterons que la surface ne se laisse plus balayer. Alors que l'on aperçoit des courants d'ensemble, tournoyant sous le jet d'air, les grains de talc semblent conserver leurs distances mutuelles, accusant une certaine viscosité de la surface. Le talc ne glisse plus comme il le faisait sur la surface propre de l'eau : chaque grain s'agrippe à la couche d'huile sous-jacente. La pellicule de la substance grasse n'est plus visible directement, mais sa présence est décelée par tous les petits flotteurs que constitue la poudre.

Si la quantité d'huile que nous avons déposée

est suffisamment faible (relativement à la surface de la cuve), de nouveaux apports (effectués, par exemple, en touchant la surface avec un fil de platine à peine souillé de corps gras) produiront de nouvelles explosions qui seront de moins en moins violentes. Un dernier apport produira une auréole qui pourra s'arrêter bien avant d'atteindre les bords de la cuve et, au point touché, on apercevra, sous forme d'une fine gouttelette, l'excédent d'huile non étalée. A partir de cet instant, la surface sera insensible à tout nouvel apport; nous ne réussirons à chaque fois qu'à déposer une nouvelle petite gouttelette au milieu des grains de talcs définitivement figés. On dit alors que la surface, ou que la couche, est *saturée*.

Tous les phénomènes que nous venons de décrire n'ont pour siège que la surface du liquide : les substances utilisées sont pratiquement insolubles et il ne se produit de perturbation en profondeur que tout au plus sur une épaisseur correspondant à quelques molécules. Dans l'étude de ce phénomène *superficiel* intervient comme variable l'*aire* de la surface, au même titre que figure le volume dans l'équation d'état d'un liquide ou d'un gaz. Il est évident que la quantité de corps gras qu'il a fallu déposer sur l'eau pour atteindre la saturation ne serait plus suffisante pour une surface plus grande. Comme pour une solution, il faudrait parler d'une concentration — d'une *concentration superficielle* — c'est-à-dire de la quantité de substance grasse déposée par cm^2. La surface étant délimitée, on peut déterminer la quantité de matière grasse apportée en préparant au préalable une solution de celle-ci dans le benzène et en en déposant, avec une pipette, un certain nombre de gouttes sur l'eau. Le benzène se répand, s'évapore et abandonne le corps gras sur la surface. Connaissant le titre de la solution et ayant déterminé une fois pour toute le volume de chaque goutte, une simple règle de trois permet d'évaluer le poids ou le volume de la substance grasse étalée à la surface.

Mais, une certaine quantité de matière étant déjà étalée, il est surtout intéressant de pouvoir augmenter ou diminuer la surface disponible. Posons, à la surface de l'eau, un cadre rectangulaire fabriqué en assemblant quatre bandelettes découpées dans des feuilles minces de mica et enduites de paraffine (fig. 2). Le mica paraffiné flotte sur l'eau en s'y appliquant de toute sa surface et en présentant un angle de raccord nul avec le plan, puisque l'eau ne mouille pas la paraffine. Dans ces conditions, un tel cadre constitue un récipient parfaitement étanche pour une pellicule d'huile qu'on aurait déposée sur l'aire qu'il délimite. De même une bandelette mobile, jetée transversalement sur l'eau et s'appuyant par ses deux extrémités sur le cadre, peut partager la surface en deux compartiments isolés l'un de l'autre, mais dont on peut faire varier les aires. Cadre et bandelette mobile joueront pour nos couches minces (fluides à deux dimensions) le même rôle qu'un

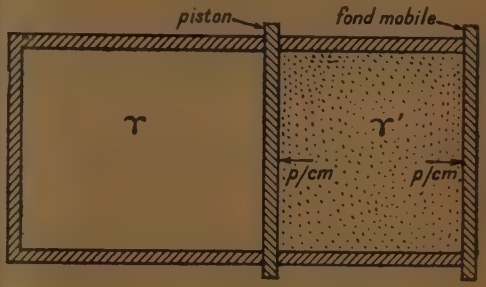

Fig.2.

corps de pompe et un piston, pour un liquide ou un gaz (fluides à trois dimensions).

Ce corps de pompe étant réalisé, amenons la bandelette-piston presque à fond de course et formons, dans le petit espace libre, une couche *saturée*. Déposons par exemple de l'acide oléique par apports successifs jusqu'à ce qu'une dernière gouttelette, mise sur la surface, soit *en équilibre avec la nappe formée* et ne s'étale plus. Si maintenant nous augmentons progressivement la surface en reculant le piston, nous verrons la gouttelette se répandre, au fur et à mesure, en un cercle dénudé au milieu de la surface saupoudrée de talc. Puis, lorsque toute la gouttelette en excès se sera étalée, les grains de talc continueront à envahir bien uniformément l'espace que leur cède le piston, montrant bien que la couche, bien que non saturée, continue à se détendre sous l'action d'une véritable *pression* superficielle. Nous pourrons d'ailleurs déplacer le piston rapidement, d'une façon saccadée; nous constaterons que la détente de la couche, au début pour ainsi dire instantanée, se fait de plus en plus lentement à mesure que la surface occupée est plus grande. Nous pouvons affirmer que la pression d'expansion est en raison inverse de l'espace occupé par la couche. Nous verrons que cette expansion est encore décelable, alors que la surface sera devenue 500 fois plus grande. Le phénomène est réversible : en ramenant la bandelette, nous « comprimerons » la pellicule et, si entre le piston et le cadre apparaît fortuitement une fuite, nous assisterons à une effusion du fluide entraînant les grains de talc révélateurs dans le compartiment « *vide* ». Cette effusion sera d'autant plus vive que notre fluide sera plus comprimé. Pour une réduction suffisante de la surface, réapparaîtrons les fines gouttelettes (les

« yeux de bouillon ») en équilibre avec la pellicule invisible.

La pression superficielle. — Tant qu'il s'agissait de l'étalement d'une goutte, nous avons vu que sa pression d'expansion représentait la différence entre des différentes tensions superficielles s'exerçant sur ses bords : $\gamma_a - \gamma_h + \gamma_{ha}$). Mais, quelle relation peut-il exister entre la *pression* d'expansion et la *tension* superficielle, pour des couches ne renfermant plus de gouttelettes et de plus en plus diluées ? On savait depuis longtemps que des traces infimes de souillures suffisaient pour abaisser notablement la tension superficielle des liquides, et de l'eau en particulier. Agnes Pockels avait imaginé l'artifice de la bandelette mobile permettant soit de concentrer les impuretés sur une aire délimitée, soit de créer des surfaces propres en les raclant. Et c'est par une lettre qu'elle lui écrivit et par des recherches connexes, que Lord Rayleigh fut amené à étudier l'abaissement de la tension superficielle de l'eau en déposant systématiquement des quantités de plus en plus faibles d'huile à la surface. Il établit, le premier, les relations entre la concentration superficielle et l'abaissement de la tension superficielle.

Rappelons que γ étant la tension superficielle, toute augmentation de la surface d'un liquide nécessite un travail de γ ergs par cm² formé. De même une diminution de la surface libère une quantité égale d'énergie. Considérons maintenant le cadre que la bandelette-piston partage en deux compartiments (fig. 2). Celle de gauche, par exemple, est propre et présente la tension superficielle γ de l'eau pure, alors que celle de droite est souillée et accuse une tension superficielle plus faible γ', telle que $\gamma - \gamma' = p$. Dans ces conditions, le piston, se détendant vers la gauche de façon à balayer 1 cm², dépense, à droite, un travail de γ', alors qu'il récupère, à gauche, une énergie plus grande, γ ergs. Tout se passe donc comme si, le long de la bandelette et vers la gauche, s'exerçait une force de $\gamma - \gamma'$ dynes par cm., égale à la différence des tensions superficielles et responsable du travail récupéré $\gamma - \gamma'$ ergs par cm². Effectivement, nous avons constaté que la bandelette est refoulée par la nappe d'huile qui se détend. Alors que la *tension* superficielle ne traduit que l'illusion de l'effet d'une membrane tendue à la surface de l'eau, nous pouvons donc parler, avec plus de raisons, d'une *pression* superficielle, égale à l'abaissement de la tension superficielle, $p = \gamma - \gamma'$. Cette pression de p dynes par cm. traduit la force d'expansion de la nappe d'huile.

Appareils de mesure et premiers résultats. — On pourra donc, en vue d'étudier les variations de la pression superficielle, déterminer, pour chaque concentration superficielle en substance grasse, l'abaissement correspondant de la tension superficielle. Mais on peut aussi mesurer *directement* la pression dans le plan de la surface. Pour cela le « fond » du corps de pompe (fig. 2) peut être constitué par une bandelette mobile qui tend à céder sous la poussée de la couche plus ou moins comprimée. En mesurant la force qu'il faut opposer pour maintenir en place cette bandelette, on détermine la pression superficielle. Divers dispositifs ingénieux ont été utilisés pour mesurer la force d'équilibre : levier relié au fléau d'une balance (Langmuir), équipage à fil de torsion (Marcelin, Adam, Guastalla). Ils permettent d'apprécier des pressions allant du centième à plusieurs dizaines de dynes/cm. Toutes ces méthodes sont des méthodes de zéro, en ce sens que l'on mesure, pour chaque position du piston (pour chaque concentration superficielle), la force qu'il faut exercer pour ramener le fond mobile à sa position initiale. Nous parlerons plus loin d'un dispositif permettant l'enregistrement direct et continu. Disons tout de suite que les courbes obtenues, pour différentes substances, en portant en abscisses les surfaces occupées par la pellicule et en ordonnées les pressions (ou abaissements de la tension) correspondantes, rappellent absolument les isothermes des gaz (courbes d'Andrews) (fig. 3). Aux très grandes dilutions : pressions très faibles, de quelques centièmes de dynes par exemple; au fur et à mesure que l'on comprime, la pression croît proportionnellement à la concentration, c'est-à-dire que la courbe des pressions en fonction des surfaces a d'abord une allure hyperbolique (DC). Bientôt, apparaît un palier (CB) : la pression reste constante (un dixième de dyne par exemple) alors que la surface continue à diminuer. Puis brusquement la courbe se redresse et monte rapidement (BA) : pour une diminution relativement minime de la surface, on enregistre un très fort accroissement de la pression superficielle (30 dynes pour l'acide oléique). Ce maximum atteint, la tension ne varie pratiquement plus, bien que l'on continu à réduire la surface. Ce nouveau palier nous laisse supposer qu'il y a équilibre entre deux phases. En effet, en regardant bien la surface, on ne tarde pas à voir apparaître les fines gouttelettes : c'est la saturation. Mais la mesure des pressions nous a permis d'enregistrer le moment précis où commence cette saturation, bien avant que les gouttelettes nous soient perceptibles. Nous pourrons en tirer des conclusions quantitatives.

La Couche est Monomoléculaire. — Nous avons appris à déposer des quantités connues

d'huile sur une surface délimitée. Déterminons d'abord d'une façon vague les dimensions de la surface d'étalement à partir de laquelle l'abaissement de la tension superficielle commence à se faire sentir (Lord Rayleigh)[2]. Nous connaissons le volume v de l'huile étalée sur cette surface d'aire s, $\frac{v}{s}$ nous donnera, par suite, l' « *épaisseur* » de la couche. Nous constatons, tout de suite, que cette « épaisseur » est de l'ordre des dimensions moléculaires : une dizaine d'unités Angström[3]. Dès lors, si elle est homogène en épaisseur, la couche est *monomoléculaire* (Rayleigh, Devaux, Labrouste). Mais précisons. Si la couche est monomoléculaire, la compression ne fait que rapprocher les molécules dans le plan de la surface, et le commencement de la saturation correspond au moment où les molécules juxtaposées ne pouvant plus se resserrer davantage quittent le plan pour commencer à donner naissance aux gouttelettes (Langmuir, Marcelin). C'est donc en ce point précis (Point de saturation ou point de Marcelin), alors que les molécules sont « tassées », qu'il faudra calculer l'épaisseur de notre assise moléculaire, et, au lieu d'une huile mal définie, c'est sur l'acide oléique que l'on effectuera les mesures (Marcelin). On trouve environ 20 Å, alors que la détermination, par diffraction des rayons X, de la distance des plans réticulaires dans les oléates ou l'évaluation, faite par Jean Perrin et Wells, de l'échelon de stratification périodique des lames de savon, donnent pour « longueur » des molécules d'acide oléique, 21 à 22 Å.

Notre première conclusion est donc confirmée, et du même coup se trouve justifiées deux hypothèses que nous avions faites implicitement : 1° que la lame a bien une épaisseur uniforme et n'est pas répartie, par exemple, en paquets discontinus ; 2° que l'on peut identifier le *volume de la pellicule* à celui de la substance avant son extension, en d'autres termes que l'on peut utiliser, sans grande erreur, la même densité pour deux états peut-être différents par leur constitution. Nous verrons d'ailleurs pourquoi. L'étude d'autres substances que l'acide oléique viendra nous apporter des preuves encore plus satisfaisantes.

C'est avec réserve qu'il nous a fallu parler d' « épaisseur » de la couche, mais ce dont nous pouvons parler avec plus d'assurance, c'est de la surface moléculaire. Connaissant la masse moléculaire et le poids de la substance étalée sur une surface mesurée, nous pouvons déterminer (pour chaque position du piston) en cm² la surface S occupée par molécule-gramme, ou mieux, $s = \frac{S}{N}$, la surface en Å²[4] disponible par molécule (Langmuir). $N = 6{,}06.10^{23}$, Nombre d'Avogadro, étant le nombre de molécules contenues dans une molécule-gramme. Comme nous le voyons, dans l'évaluation de la surface moléculaire, la densité de la substance n'intervient plus.

La figure 3 schématise la forme générale de toute une série de courbes qu'Adam et Jessop ont obtenues en comprimant des couches monomoléculaires formées à partir des différents acides saturés de la série grasse. Ces courbes montrent non seulement une analogie frappante avec les isothermes de compression des gaz, mais elles permettent encore d'établir des relations quantitatives entre ces deux modes différents de transformation. Pour un gaz que l'on comprime, on sait que le produit PV de la pression par le volume représente une énergie. De même, pour les phénomènes superficiels, ainsi que nous l'avons vu, le produit ps de la pression superficielle par la surface représente une énergie. J'ai dit, qu'aux très grandes dilutions, la courbe prenait une allure hyperbolique. En fait, elle tend assymptotiquement vers une hyperbole à mesure que la surface augmente ; c'est-à-dire que le produit ps tend à devenir constant. Or, comme pour les gaz, cette constante est égale au produit RT de la température absolue T par la constante $R = 8{,}32.10^7$ des gaz parfaits. Les détentes des couches monomoléculaires ont été poussées jusqu'à des surfaces de l'ordre de 10.000 Å², ou autrement dit à des distances intermoléculaires moyennes de près de 100 Å, ce qui, en volume, correspondrait environ à la dilution d'une solution 1,5 normale par litre. L'identité des constantes R ne doit donc pas nous étonner, puisqu'il s'agit en somme des mêmes phénomènes moléculaires, avec cette seule différence que, dans l'un des cas, les molécules se meuvent dans trois dimensions, alors que, dans l'autre, elles n'exercent leur pression que dans le plan.

Pour l'autre cas extrême, aux très fortes concentrations (saturation), et ainsi que nous le verrons pour les pellicules solides, on trouve, dans les couches monomoléculaires, des surfaces correspondant exactement aux dimensions moléculaires dans les substances solides cristallisées.

2. Ce sera, par exemple, la surface que l'on arrive à faire occuper au voile d'huile en le refoulant avec le souffle vers le bord opposé de la cuve, sa limite étant rendue visible par le talc (Devaux).

3. Je rappelle que l'unité Angström équivaut à 10^{-8} cm., soit un dix-millionième de mm.

4. Carré de 1 Å de côté, équivalent à 10^{-16} cm².

Mais nous pouvons tirer d'autres conséquences de l'analogie entre les deux espèces de fluides. Pour cela, prenons, dans les deux cas, une variable commune : la distance intermoléculaire moyenne. Si nous faisons parcourir l'isotherme p/v à notre substance à l'état de gaz « à trois dimensions », on peut dire que les distances intermoléculaires vont en diminuant et que, pour une certaine valeur particulière l de la distance

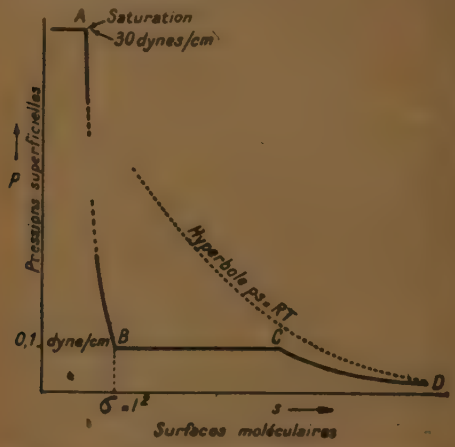

Fig. 3. — Isotherme d'une couche monomoléculaires.

moyenne, l'état du fluide présente une première discontinuité : c'est l'état liquide, entièrement atteint au point de vaporisation B' (fig. 3 *bis*). En ce point, à cette distance intermoléculaire correspond un volume moléculaire tout aussi particulier, c'est le volume moléculaire du *liquide* $v_0 = \frac{M}{Nd}$[5]. A partir de ce point, la partie montante de la courbe représente l'état d'un liquide comprimé. La courbe p/s de la substance en couche monomoléculaire, présentant la même allure générale et les mêmes points de discontinuité, on peut penser qu'aux points singuliers homologues devraient correspondre les mêmes valeurs de la distance intermoléculaire $l_0 = \sqrt[3]{v_0}$. C'est-à-dire qu'au point B devrait correspondre une surface moléculaire $\sigma = l_0^2 = v_0^{2/3}$, puissance 2/3 du volume moléculaire de la substance liquide que l'on a étalée.

Le tableau I donne les valeurs mesurées et calculées de la surface moléculaire au point de vaporisation B. Il s'agit de substances liquides ou qui donnent des *couches liquides* à la température de l'expérience[6].

5. M = masse moléculaire, N = nombre d'Avogadro, d = densité du liquide.

6. Je définirai, plus loin, ce que j'entends par couche *liquide*.

TABLEAU I

	σ mesuré	σ calculé
Acide oléique	61-62 Å²	64
Trioléine	130-135	136
Trilaurine (20°)	110-112	111
Acide myristique à 34° (Adam-Jessop)	57 - 58	57
Trimyristine à 42°	118-119	121

Tout ceci revient à dire que la distance intermoléculaire l, correspondant à l'état liquide, joue

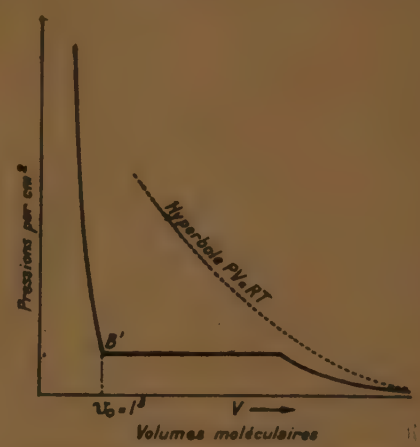

Fig. 3 *bis*. — Isotherme d'un fluide ordinaire.

un rôle particulier dans l'existence des fluides, que ceux-ci se trouvent dans les conditions ordinaires ou en couches monomoléculaire, c'est-à-dire dans un état présentant une anisotropie restreinte à une seule direction[7]. L'existence d'un palier, dans toute isotherme, est l'indice d'une transformation, d'un équilibre entre deux phases dont l'une se développe au dépend de l'autre. Nous pouvons donc présumer que tout le long du palier BC coexistent une phase « liquide » et une phase « vapeur ». Nous en trouverons la preuve expérimentale un peu plus loin. Il s'agit, bien entendu de « liquides » et de « vapeurs » « à deux dimensions », et c'est dans ce sens également que nous dirons que la courbe est une isotherme de *liquéfaction*.

Les Couches Monomoléculaires « solides ». — Une parcelle d'acide stéarique — substance solide dont le point de fusion est 68° — déposée sur l'eau à la température ordinaire, ne s'y étale pas comme le faisait la gouttelette d'huile : sa pression d'expansion est pratiquement nulle. Mais nous pouvons, quand même, en former

7. J'ai montré, dans un travail sur l'adsorption, que cette surface moléculaire particulière $\sigma = v_0^{2/3}$ intervient également dans le cas des couches formées par adsorption à la surface des solutions.

des couches monomoléculaires en déposant la substance sous forme de solution dans le benzène. Les mesures (épaisseur, surface par molécule) que l'on effectue sur la couche d'acide stéarique, abandonnée par le benzène qui s'évapore, montrent qu'elle est bien monomoléculaire. Ici également le talc nous sert d'indicateur : il nous décèle la présence de la pellicule sous-jacente. Mais, nous observons, en soufflant à la surface, que non seulement les grains ne se rassemblent pas, mais qu'il ne se produit pas de tourbillons dans les mouvements d'ensemble. Ce n'est plus de « viscosité » que l'on peut parler, mais de rigidité. Par ailleurs, la surface, uniformément saupoudrée, se brise, sous un jet d'air vertical, en plaques entières dont le talc souligne les arêtes vives. L'aspect par lui-même nous amène à dire que la pellicule est « *solide* ». Etudions-en les propriétés élastiques. Les courbes obtenues par Adam et Jessop sont pour la plupart relatives à des couches solides. Ces couches présentent donc également, dans leur courbe, une partie hyperbolique, un palier et une branche montant rapidement, par conséquent un point angulaire B.

La diffraction des rayons X par les cristaux d'acides gras permet d'en déterminer les éléments de la maille cristalline et en particulier une certaine grande période de stratification. On admet que cette période correspond à la hauteur de deux molécules placées bout à bout par leurs groupement CH^3. Les plans réflecteurs des rayons X contiendraient les groupements COOH de la double tranche de molécules parallèles[8]. En admettant donc que les molécules sont parallèles dans la maille cristalline, on peut calculer la surface disponible par molécule dans chaque plan réflecteur du cristal : quotient du volume moléculaire par la hauteur de la molécule (demi-intervalle). Or, non seulement cette surface est *la même* que celle que, dans les couches monomoléculaires d'acide stéarique, on trouve au point B, mais encore, suivant la composition de l'eau sur laquelle est étalée la couche, on peut trouver, pour la surface moléculaire en B, trois valeurs différentes (environ 20, 21 et 23,5 $\mathring{A}^2$) qui correspondent à trois périodes de stratification mesurées aux rayons X sur trois formes cristallines différentes connues de l'acide stéarique solide. Sur la courbe obtenue avec l'acide stéarique, nous dirons donc que, le long du palier BC, coexistent une phase « *solide* » et une phase « vapeur » et que la courbe est une isotherme de « *sublimation* »: Par suite le point B correspond à la fin de la condensation de toute la vapeur sous forme de solide et la partie montante de la courbe figure la compression d'un solide.

L'orientation moléculaire (Langmuir). — Les recherches de Langmuir ont contribué grandement au développement, tant de la technique que de la théorie des couches monomoléculaires. Nous venons de voir que les pellicules solides, obtenues avec l'acide stéarique, donnaient pour surface moléculaire, au point B, des valeurs comprises entre 20 et 23,5 $\mathring{A}^2$. Or, en étudiant plusieurs acides gras appartenant à la même série que l'acide stéarique, Langmuir avait constaté que non seulement les courbes avaient la même allure, mais que, quel que fut le nombre d'atomes de carbone de la molécule (entre C_{14} et C_{20}) la surface moléculaire, au point B, restait la même. Cette constatation, ainsi que d'autres considérations, l'amenèrent à penser que les molécules, loin d'être sphériques, sont allongées[9], la longueur étant proportionnelle au nombre d'atome de carbone de la chaîne, mais la section droite restant toujours la même[10]. D'autre part, dans les couches monomoléculaires solides, les molécules sont dressées suivant leur longueur, ne portant que par un bout sur la surface. De ce fait l' « épaisseur » de la couche varie avec la longueur de la molécule, mais la surface par molécule — l'aire de la base — reste la même. Une précision de plus permet d'ailleurs d'expliquer cette disposition. La chaîne figurant la molécule d'acide gras se termine à un bout par un groupement CH^3, alors qu'à l'autre se trouve le groupement fonctionnel COOH. Or le premier est *paraffinique* et les paraffines, qui en portent à chaque bout de leur chaîne, sont insolubles dans l'eau. Le groupement acide, COOH, par contre est *hydrophile:* l'introduction d'une fonction acide dans la constitution d'une molécule de paraffine tend à la rendre soluble. En effet, les premiers de la série des acides gras (l'acide acétique CH^3 — COOH par exemple) sont beaucoup plus solubles que les autres parce que l'influence du groupement COOH y est prépondérante, alors que dans les termes supérieurs, le groupement hydrophile ne se trouve plus qu'au bout d'une longue chaîne paraffinique de plus d'une dizaine d'atomes de carbone et son in-

8. Alors que les autres périodes ne varient pas, cette grande période, exprimée en Å, varie d'un acide gras à l'autre et *croît très régulièrement* avec le nombre d'atomes de carbone de la molécule lorsqu'on étudie successivement les différents termes de la série des acides gras saturés.

9. On veut dire par là que le volume occupé dans l'espace par la molécule n'a pas un centre de symétrie, mais un axe, et que la dimension de ce volume est beaucoup plus grande suivant cet axe.

10. Nous avons vu que les études, faites depuis, par la diffraction des rayons X, ont confirmé ces vues (Thibaut, Trillat, Müller).

fluence se trouve de plus en plus atténuée. L'extrémité COOH de la molécule, attirée par l'eau, aura bien tendance à s'y dissoudre, mais le restant de la molécule sera réfractaire. C'est donc par l'extrémité COOH ou CH^2OH que les molécules d'acides gras ou d'alcools se fixent sur l'eau pour donner des pellicules insolubles et c'est cette attraction même qui expliquera l'orientation [11].

Ces idées de Langmuir se sont trouvées justifiées par les travaux qui ont suivi. Les couches monomoléculaires formées par les Triglycérides donnent pour σ des valeurs qui se rapprochent de trois fois de celle donnée par les acides. Pour elles, les trois chaînes acides de la molécule seraient aussi dressées, reposant sur l'eau par le groupement trialcool de la glycérine à laquelle elles sont associées. Une très curieuse expérience de Devaux apporte une confirmation objective à l'hypothèse de l'orientation des molécules par l'eau. On fond, sur l'eau bouillante, une certaine quantité de corps gras et on laisse refroidir l'ensemble. Le gâteau solide que l'on obtient présente une « mouillabilité »très différente suivant la face. Alors que l'eau roule à la face supérieure sans adhérer, elle se colle au contraire à la face qui s'est solidifiée au contact de l'eau: elle y adhère soit en gouttes, soit même en pellicule continue. Seules les molécules au contact de l'eau se sont orientées puis se sont figées par refroidissement, présentant toutes vers l'extérieur leur extrémité hydrophile.

Dans le cas des couches monomoléculaires, l'eau remplacerait en somme l'une des couches des molécules parallèles qui présentent l'ensemble de leurs extrémités COOH à celles de l'autre couche avec laquelle elle forme le double feuillet.

En résumé, que ce soit à l'état liquide ou à l'état solide, une couche monomoléculaire reproduit exactement la structure moléculaire du corps solide ou liquide à partir duquel elle a été formée. Elle représente une tranche ayant l'épaisseur d'une seule molécule et qui aurait été découpée parallèlement aux plans de clivage, les molécules y conservant la même orientation générale. L'orientation dans les couches liquides s'interprétera lorsque nous aurons parlé de nos connaissances actuelles sur la constitution des liquides.

L'Etat mésomorphe. — L'acide palmitique (C_{16}), solide à la température ordinaire; donne des pellicules également solides. Mais que se passera-t-il si nous élevons progressivement la température de l'expérience? Il semble, d'après ce que nous venons de dire, que la constitution dans la couche reflétera exactement ce qui se passe dans le cristal : en l'occurrence, la surface moléculaire s'accroîtra de très peu, puisque la dilatation en volume dans le cristal est très minime. Peut-être enregistrerons-nous le passage par les différentes formes polymorphiques (si toutefois celles-ci ne dépendent que de la température) mais la modification la plus importante ne se produira que lorsque nous aurons atteint la température de fusion de l'acide palmitique. Le corps se liquéfiant, nous devrons enregistrer au point de vaporisation, au lieu de 23,5 $Å^2$ par exemple (surface dans le solide) une surface par molécule d'une soixantaine d'A^2 (aire correspondant à la distance moyenne dans le liquide). En réalité, les faits sont beaucoup plus intéressants. La maille à deux dimensions se relâche et se défait bien avant d'atteindre la température de fusion ordinaire.

Labrouste a été le premier à signaler que les couches monomoléculaires, obtenues par l'étalement de certaines substances solides à la température ordinaire, subissent une transformation lorsqu'on élève progressivement la température de l'expérience. Avec l'acide Palmitique par exemple, il constatait que la « surface d'extension maximum » (correspondant à une abscisse légèrement inférieure à celle du point B) [12], ne varie pratiquement pas tant que l'on se maintient au-dessous de 18°. Mais à partir de cette température, elle se met à croître rapidement, atteignant une valeur environ une fois et demie plus grande pour 32°. Puis à nouveau, à partir de cette température, l'aire ne varie presque plus. A l'aspect, la couche « solide » est devenue de plus en plus « fluide ». L'acide stéarique présente une modification analogue; mais l'intervalle de transformation s'est déplacé vers les températures plus élevées. la température de fusion de l'acide stéarique étant supérieure à celle de l'acide palmitique. Mais remarquons tout de suite que ce n'est pas la température de fusion qui constitue la limite supérieure

11. L'hypothèse de Langmuir rejoint en somme celle qui a été émise par Jean Perrin pour expliquer la constitution des lames de savon. En particulier, les parties les plus minces des bulles de savon seraient constituées par un « sandwich » dont les deux tranches externes sont formées par des couches monomoléculaires d'acide oléique adsorbées sur une feuille interne d'eau. Les deux tranches se rapprochent de plus en plus à mesure que la lame s'amincit.

12. Les mesures des surfaces, dites à tort « d'extension maxima », effectuées par les premiers expérimentateurs, se faisait pour une concentration de la couche à partir de laquelle celle-ci modifie sa vitesse d'extension d'une façon discontinue lorsqu'on cesse de lui opposer une pression. La pression — exercée par le souffle ou par un jet d'air — étant tout à fait arbitraire mais nettement supérieure à celle qui correspond à la « pression de vaporisation », on comprend que les aires trouvées étaient légèrement inférieures à celles correspondant au point B.

de l'intervalle : la transformation se termine à 32° pour l'acide palmitique, alors que sa température de fusion est 62°. Par contre Labrouste spécifie que les substances liquides qu'il a étudiées ne donnent aucune variation appréciable avec la température.

Quelle est donc la transformation subie par la couche ? L'acide Myristique donne des couches qui à la température ordinaire se trouvent en plein intervalle de transformation. Aussi, bien que son point de fusion soit à 53°, la couche monomoléculaire est fluide (moins fluide cependant qu'une couche d'acide oléique ou de trioléine). Examinons l'isotherme que nous donnera une telle couche (fig. 7). Après le palier inférieur, nous voyons une partie de courbe qui, par sa forme, rappelle celle d'un film liquide (fig. 5), puis, à mi-hauteur, apparaît un genre de palier suivi, après un arrondi, d'une brusque montée comparable à la courbe de compression d'une couche solide telle que celle obtenue avec l'acide stéarique (fig. 6). D'ailleurs, la pointe et la chute, au cours de l'enregistement de la courbe, ne nous laissent pas de doute à ce sujet : *la couche s'est brisée* et la surface examinée laisse apparaître, à partir de ce moment, des stries parallèles d'acide solide. Le palier à mi-hauteur correspond donc au passage d'une première phase fluide à la phase solide. S'il s'agissait d'une couche primitivement « *liquide* », la surface moléculaire correspondant au point de vaporisation B devrait être, d'après la théorie, de $(M/Nd)^{2/3} = 57$ A². Or à 20° par exemple elle n'est que de 50 Å² seulement. Nous serions donc poussé à penser que l'état de la couche ne correspond pas à l'état liquide. Mais examinons tout le faisceau d'isothermes qu'Adam a obtenu en comprimant, à différentes températures des couches d'acide myristique (fig. 4). Au-dessous de 2° la courbe se présente identique à celle de l'acide stéarique, il n'y a pas de transformation intermédiaire, il s'agit de l'isotherme de sublimation d'une couche *solide* et le point de sublimation se rapproche de 24 A². Aussitôt que nous opérons à températures plus élevées, nous entrons dans la zone de transformation de Labrouste et le palier intermédiaire d'abord très bas, fait son apparition. Apparaît également la partie curviligne qui raccorde ce palier au premier palier de vaporisation. C'est d'ailleurs à l'extrémité inférieure de cette partie curviligne que nous devons retrouver le point de vaporisation. D'une quarantaine d'A², sa valeur croît à mesure que s'élève la température ; en même temps le palier intermédiaire se déplace vers les hautes pressions, se raccourcit de plus en plus pour finir par disparaître sur la courbe correspondant à 34°. C'est la fin de la transformation, l'isotherme est devenue tout à fait semblable à celle d'une couche *liquide* et le point de vaporisation accuse bien 57 à 58 A². Toute nouvelle élévation de température ne fera que dilater un « liquide » et nous comprenons pourquoi, à partir de ce moment, les variations de surface redeviennent minimes.

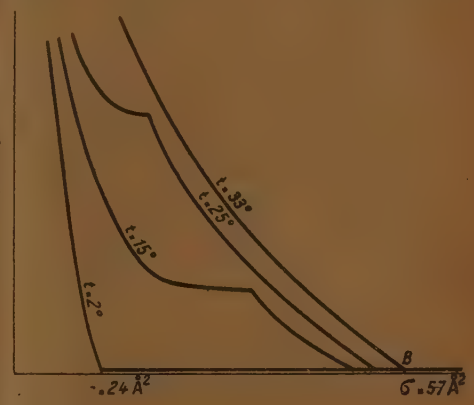

Fig. 4. — Isothermes de l'acide myristique à différentes températures.

Il existe donc un état qui ne correspond pas au solide, mais qui néanmoins est plus condensé que le liquide. Il apparaît brusquement à une température bien déterminée, *bien inférieure à la température de fusion ordinaire*, et tend progressivement vers l'état « liquide » qu'il atteint à une autre température bien définie. Cette phase, intermédiaire entre les états cristallin et liquide, présente les caractères des « cristaux liquides » de Lehman et ne peut que leur correspondre. Nous l'appellerons *état mésomorphe*, appliquant aux couches monomoléculaires la dénomination créée par G. Friedel pour désigner un état d'anisotropie spéciale de la matière [13].

Certaines substances à l'état mésomorphe (corps smectiques), peuvent se présenter sous forme de gouttes à gradins (Grandjean) à structure feuilletée. Ces feuillets sont parallèles au plan perpendiculaire à l'axe optique de la substance : plan réticulaire unique dans l'état smectique et qui est le seul à subsister de tout le faisceau de plans régis par la loi d'Haüy dans le solide cristallisé. G. Friedel a signalé le rapprochement qui s'impose entre les gouttes à gradins et les pellicules de savon étudiées par Jean Perrin. L'analyse faite aux rayons X a confirmé cette façon de voir.

13. Le savon, à la température ordinaire, est un exemple de corps à l'état mésomorphe.

De même qu'une pellicule solide représente une tranche monomoléculaire enlevée dans le corps cristallisé parallèlement au plan de clivage, de même une pellicule à l'état mésomorphe serait, dans sa structure, la reproduction d'une seule des assises moléculaires qui constituent les feuillets élémentaires de la goutte à gradins.

L'isotherme de 20° (fig. 7) de l'acide myristique représente donc, sur le palier inférieur, la condensation de la phase vapeur en phase *mésomorphe*, celle-ci, fluide, est ensuite comprimée jusqu'à une certaine pression (qui naturellement croît avec la température) où, le long d'un nouveau palier se fait la transformation en phase *solide*. Suivant la température et la pression, il existe donc des films solides, mésomorphes, liquides ou gazeux. Mais en plus des variables qui définissent l'état des fluides ordinaires, il intervient un autre facteur dans les couches monomoléculaires. C'est celui qu'introduit la nature du liquide sur lequel est étalée la couche.

Action du support. — J'ai déjà signalé que, suivant la composition de l'eau qui sert de support, on pouvait trouver, dans les couches solides, différentes formes cristallines. Adam et Miller ont étudié l'action de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau sur le tassement des molécules dans les couches solides. Tous les faits observés se ramènent à ceci. Pour une même substance en couche monomoléculaire, l'intervalle de température dans laquelle se produit la transformation de Labrouste (passage à l'état mésomorphe) se déplace avec la nature du support sur lequel elle est étalée. L'acide palmitique, par exemple, qui à 18° donne des couches *solides* sur l'eau distillée, donne des couches fluides sur de l'eau fortement acide ou légèrement alcaline. On dit qu'il y a *extension* de la couche, et l'on parle de la température d'extension ou du degré d'extension suivant la composition du support (variation de la surface pour une pression constante).

Ces actions ne peuvent pas être rattachées simplement au degré d'acidité de l'eau (*p*H) indépendamment de la nature de l'électrolyte utilisé. La valence des ions dissous intervient pour beaucoup. Mais ce n'est pas non plus toujours le résultat d'une réaction chimique modifiant la composition de la substance étalée. Il faut y chercher un effet de l'enrichissement des ions près de la surface, la présence de nouvelles charges électriques agissant indirectement sur les formes de cohésion ou d'adhésion.

On a d'autant plus le droit de rattacher ces phénomènes à des actions électriques que les corps étudiés en couches monomoléculaires sont constituées de molécules à dipôle permanent, possédant un certain moment électrique.

On dit qu'une molécule est à dipôle permanent, lorsque la répartition des charges électroniques à son intérieur est telle qu'elle se comporte comme si elle renfermait deux charges électriques égales et de signes contraires e, distantes d'une certaine longueur l. Les effets produits par un tel dipôle sont liés au produit $e \times l$. C'est cette grandeur $\mu = e \times l$ que l'on appelle *moment électrique* de la molécule [14]. Les molécules des carbures saturés sont dépourvues de tout moment électrique et d'ailleurs, dans les acides gras, et alcools, ce n'est pas la chaîne paraffinique, mais le groupe fonctionnel COOH ou CH^2OH qui est responsable du moment électrique de la molécule.

Effet électrique des couches monomoléculaires. — Deux métaux ou deux liquides différents mis en contact présentent une différence de potentiel. C'est l'effet Volta qui est à la base des piles électriques. Si au lieu de deux, on forme toute une chaîne de métaux différents, on sait que la différence de potentiel entre les deux métaux extrêmes est absolument indépendante des soudures intermédiaires, tant que celles-ci sont maintenues toutes à la même température. Des charges électriques égales et de signe contraire apparaissent sur chaque extrémité de la chaîne, charges dont la quantité dépend de la capacité du système ainsi formé. Pour augmenter celle-ci, on dispose la chaîne de façon à former un condensateur dont les armatures sont constituées par chacun des métaux extrêmes.

Mais en réalité la différence de potentiel que l'on mesure entre les armatures d'un tel condensateur n'est qu'une « différence de potentiel apparente » (Pellat). En effet, cette différence de potentiel est influencée, non seulement par l'état des surfaces extrêmes (traitement mécanique ou chimique subi), mais aussi par la nature du gaz qui les baignent et des vapeurs qui peuvent s'y adsorber. En somme la chaîne ne se termine pas aux deux armatures du condensateur, il y a encore, à chaque extrémité, deux derniers contacts métal-air ou métal vapeur qui interviennent. La différence de potentiel mesurée est celle qui existe entre les deux couches d'air ou de vapeur qui sont au contact des extrémités de la chaîne.

De même, si l'on remplace l'un des éléments extrêmes de la chaîne par un liquide ou un électrolyte, on constate que la différence de potentiel entre les armatures du condensateur métal-liquide est modifiée par des traces d'impuretés

14. De même que l'on appelle moment magnétique d'un aimant le produit $m \times l$ de la masse magnétique, placée à chaque pôle, par la longueur théorique de l'aimant.

qui peuvent contaminer la surface du liquide. Dans le cas de l'eau, par exemple, alors que la différence de potentiel mesurée n'est que de l'ordre du volt, les variations, apportées par des matières grasses surnageant à la surface, peuvent atteindre plusieurs dixièmes de volt [15].

Pour interpréter les différences de potentiel au contact de deux milieux, Helmholz a introduit la notion de la *couche double*. Une couche formée de deux feuillets parallèles séparés par un intervalle très petit et portant chacun des charges électriques uniformément réparties, égales et de signe contraire à celles de l'autre, peut, sans altérer l'équilibre électrique, produire une discontinuité dans la différence des potentiels. Soit q la densité électrique (la charge par cm² sur chaque feuillet) et l l'épaisseur de la couche double, la chute de potentiel à travers la couche double est donnée par la relation $V = 4\pi ql$. Mais le produit $q \times l$, dont dépend cet effet, est appelé *moment* de la couche double, nous le désignerons par M. La relation devient $V = 4\pi M$.

Or, une couche monomoléculaire, avec l'ensemble des dipôles de toutes ses molécules dressées sur la surface, reproduit bien une couche double. Si n est le nombre de molécules par cm², le moment de la couche double sera formé par la somme des n moments dipolaires μ ; de chaque molécule : $M = n\mu$, et la chute de potentiel produite par la couche monomoléculaire sera de $V = 4\pi n\mu$.

Nous avons appris à déterminer la concentration moléculaire n, d'autre part on peut mesurer V et nous pourrions en déduire la valeur de μ et la comparer à celle que l'on mesure par des méthodes tout à fait différentes.

Disons tout de suite que les valeurs trouvées pour le moment moléculaire sont bien du même ordre de grandeur (10^{-18} u. e. s.) mais elles sont plus de cinq fois plus petites. Une première différence pourrait provenir du fait que les dipôles, comme les molécules, bien qu'orientés, ne sont quand même pas normaux à la surface. En d'autres termes Θ étant l'angle qu'ils font avec la normale, on devrait avoir $V = 4\pi n\mu \cos. \Theta$. Ce qui semble plus vraisemblable, c'est que non seulement la position moyenne du dipôle est inclinée sur la surface, mais, qu'en plus, doivent intervenir des effets d'induction mutuelle entre dipôle voisin, des variations de la valeur du moment par suite de déformations dans la distribution électronique dues à l'action des ions du liquide sous-jacent et surtout une action réciproque de la pellicule sur la constitution de la surface de l'eau. Il est certain que les choses ne se passent pas aussi simplement que l'on puisse assimiler la discontinuité à la surface comme étant due à une simple couche double formée par les dipôles de la pellicule monomoléculaire. Sous l'action de celle-ci, les ions de l'électrolyte viennent s'adsorber à la surface, formant, sous la première couche double, une atmosphère diffuse de charges électriques. Il reviendrait d'ailleurs au même de dire que les molécules de la couche s'hydrolysent au contact de l'eau et que la valeur du moment s'en trouve modifiée.

Il n'en reste pas moins vrai que, lorsqu'on comprime ou détend une couche formée sur l'eau, la valeur de la chute de potentiel observée varie en gros proportionnellement à la concentration superficielle : aux points de discontinuité de la courbe des pressions superficielles correspondent des discontinuités dans l'effet électrique et, lorsqu'on atteint la saturation, la différence de potentiel se fixe également. Bien plus, l'étude de cette nouvelle manifestation des couches monomoléculaires ajoute de nouveaux renseignements sur leur constitution. D'autre part l'écart entre la chute de potentiel observé et celui que nous fournit le calcul, lorsqu'on assimile la pellicule à une couche double de dipôles, nous indiquera dans quelle mesure et dans quel sens intervient la nature du support.

Les figures 5, 6, 7 reproduisent les courbes des pressions superficielles et des effets électriques de différents corps gras en couches monomoléculaires. Ces courbes ont été inscrites automatiquement et simultanément sur le même diagramme au moyen d'un appareil enregistreur. En abscisses, sont marquées les surfaces moléculaires (inverse de la concentration superficielle) alors qu'en ordonnées sont enregistrées (chacune avec son échelle) la pression superficielle (P) et l'abaissement de l'effet Volta (ΔV) correspondant à chaque valeur de la surface occupée par la pellicule.

Il était utile de disposer d'un appareil permettant d'enregistrer automatiquement et de façon continue les deux phénomènes en même temps que l'on fait varier la surface. En effet, les courbes présentent, en plus de certains points de discontinuité bien connus (point de saturation, point de vaporisation) des inflexions, des brisures correspondant à des valeurs intéressantes de la surface occupée par molécule. Les méthodes de mesure ordinaires, qui sont des méthodes de zéro, nécessitent pour la détermination de chaque point de la courbe des temps variant de une à deux mi-

15. L'abaissement de la différence de potentiel métal-électrolyte, provoquée par la présence de certaines substances organiques, connu depuis longtemps, a été étudié pour la première fois de façon systématique par KENRICK, puis par GUYOT, FRUMKIN, par SHULMAN et RIDEAL et par ADAM et HARKINS.

nutes. Or, la plupart des couches, pour ne pas dire toutes, bien que formées à partir de substances pratiquement insolubles, tendent, surtout aux fortes compressions, à disparaître, soit par dissolution dans le support, soit par « affaissement » sur elles-mêmes. Par ailleurs, nous avons vu que les couches mésomorphes subissent des changements notables lorsqu'on fait varier la température, ce qui nécessite la constance de celle-ci pendant toute la durée des mesures. Enfin, de façon générale, la détermination des différents points de la courbe ne porte jamais sur le même individu : souvent, pour les fortes pressions, pour chaque point, on est obligé de reformer une nouvelle couche. Pour les mesures de l'effet Volta, aux difficultés ordinaires, s'ajoutent celles des mesures électrométriques assez délicates.

Je ne puis m'étendre ici sur la description de cet appareil. Disons simplement que les variations dues à la tension superficielle agissent sur le fléau d'une balance de précision auquel est fixé un miroir donnant pour chaque position un spot lumineux qui s'enregistre sur un tambour (analogue au cylindre d'un baromètre enregistreur) recouvert de papier photographique. Quant à l'effet électrique, ses variations sont décelées par une lampe-électromètre à laquelle est associé un galvanomètre dont le miroir forme également un spot lumineux s'enregistrant sur le même tambour. Par ailleurs, le mouvement du cylindre enregistreur est solidaire de celui de la bandelette-piston qui comprime la couche à la surface de l'eau.

L'enregistrement simultané des deux phénomènes apporte, en premier lieu, une confirmation à l'hypothèse de la coexistence de deux phases sur le palier de vaporisation. Sur la courbe des

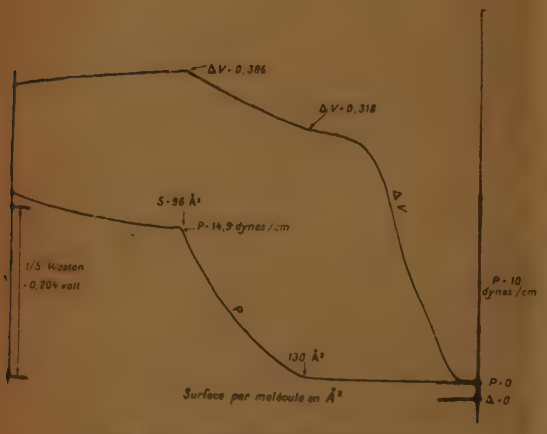

Fig. 5. — *Couche liquide:* Trioléine à 22° (courbe des pressions et courbe de l'effet électrique).

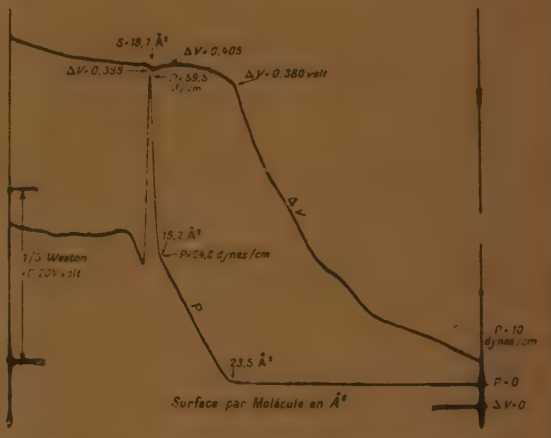

Fig. 6. — *Couche solide.*— Acide stéarique (C_{18}) à 22°.

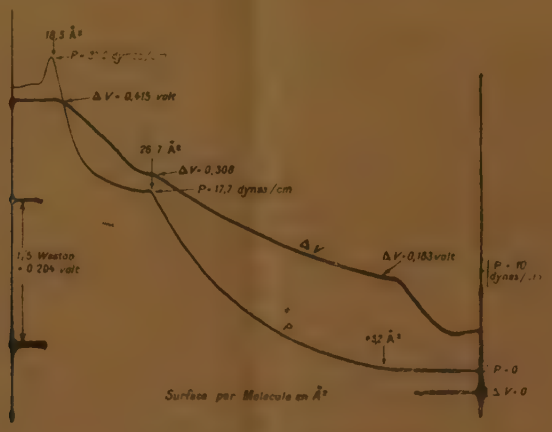

Fig. 7. — *Couche mésomorphe.* — Acide myristique (C_{14}) à 23°.

pressions superficielles, pendant toute la condensation, tant qu'il existe deux phases en présence, la pression reste constante (c'est l'analogue de la pression de vapeur saturante). L'effet électrique, par contre, ne peut traduire que la somme des effets produits par chacune des phases en présence. Si les deux phases, « vapeur » et « liquide » (ou « solide »), étaient finement mélangées (brouillard), la partie de la courbe électrique raccordant le commencement de la condensation à sa fin, devrait avoir une forme hyperbolique. Cela s'est réalisé à peu près dans le cas de la figure 6[16]. Sur les autres diagrammes nous trouvons, dans la région de la condensation, toutes sortes de formes de courbe provenant des fluctuations qui se produisent sous le disque électrode lorsque le piston limitant la surface se déplace lentement. D'ailleurs en soufflant légèrement sur la cuve, on voit immédiatement le spot changer de position par suite des perturbations que l'on amène dans la répartition des phases sous l'électrode. Si l'on songe que le diamètre de ce disque est de 4 cm., on peut se faire une idée de l'hétérogénéité de la pellicule dans cet état : la phase condensée doit vraisemblablement constituer de véritables flaques pouvant avoir des dimensions de plusieurs centimètres. Vers la fin de la condensation, ces plaques prennent des proportions telles que, lorsque par hasard l'une d'elles se trouve bloquée et couvre toute la surface au-dessous de l'électrode, la différence de potentiel reste constante jusqu'à ce que toute la phase vapeur ait disparue. C'est ce qui s'est passé dans le cas de la figure 7. Mais, aussitôt que commence la compression de la phase condensée homogène, la courbe recommence à monter, jusqu'au point de saturation (palier supérieur), à partir duquel la couche cesse d'être monomoléculaire et où s'équilibrent à nouveau deux phases : l'une monomoléculaire, « à deux dimensions », et l'autre « à trois dimensions ».

On remarque aussi sur les diagrammes, qu'à chaque point singulier de la courbe des pressions correspond un point analogue sur la courbe de l'effet électrique.

Considérations générales. — En ce qui concerne l'étude des différents états physiques reliés à la constitution moléculaire, on peut dire d'une façon générale que les couches monomoléculaires constituent un artifice expérimental ramenant le problème de trois dimensions à deux dimensions. Si les effets mesurés restent toujours globaux, du moins ne se rapportent-ils plus qu'à des molécules réparties sur un plan. De plus ces molécules sont toutes orientées dans ce plan ; ce qui, en particulier en ce qui concerne l'effet des moments électriques, introduit encore un certain ordre, une certaine simplification.

Nous avons déjà dit qu'une couche monomoléculaire solide représentait par sa structure, une tranche découpée dans la substance solide parallèlement aux plans de clivage, c'est-à-dire parallèlement aux plans de base des parallélépipèdes de la maille cristalline : les molécules y conservant la même orientation générale. Dans les couches liquides également, les molécules occupent un espace moyen correspondant à celui qu'elles occupent dans la masse du liquide. Mais à quoi peut correspondre l'orientation, puisqu'il ne s'agit plus d'un solide cristallisé ?

On tend à admettre de plus en plus que les liquides sont beaucoup plus près en constitution des solides que des gaz. Les molécules n'y sont pas réparties et orientées au hasard. Il existe une certaine orientation mutuelle entre molécules ou ions dans le liquide, semblable à celle qui existe dans un cristal. Mais, par suite de l'agitation thermique, cette orientation est constamment troublée : chaque molécule tourne et oscille autour d'une position moyenne. C'est cette position moyenne qui se trouve fixée par rapport à une molécule immédiatement voisine. Celle-ci, qui peut servir de système de référence quant aux positions de la première, s'écarte également à chaque instant d'un certain angle autour de sa position moyenne, déterminée par rapport à une troisième molécule de référence, et ainsi de suite. On conçoit dès lors que l'orientation relative de deux molécules s'atténue et s'efface à mesure que l'on choisit des molécules se trouvant en des points de plus en plus éloignés l'un de l'autre. Autour de chaque molécule de référence, la région, où se ressent encore une certaine orientation, détermine un très petit volume moyen dont les dimensions dépendent de la nature du liquide et de sa température. Les liquides agiraient comme des poudres cristallines excessivement fines pouvant encore donner des anneaux flous de diffraction avec les rayons X, mais se comportant dans les phénomènes optiques comme un milieu parfaitement homogène : les dimensions des grains étant bien en dessous de l'échelle des longueurs d'ondes lumineuses. L'orientation mutuelle ne se ressent donc que dans un rayon ne renfermant que quelques molécules, et parler de l'orientation plus ou moins intense ou de l'*association* d'un

16. Adam et Harding, en explorant la surface d'un film se trouvant dans la région de transition au moyen d'une électrode de dimension réduite, avaient signalé que l'on trouve, comme chute de potentiel, des valeurs qui se rangent entre deux limites correspondant à la vapeur saturante et au liquide (ou solide). Ils en déduisaient que les deux phases sont réparties d'une façon hétérogène.

nombre plus ou moins grand des molécules d'un liquide serait deux façons différentes d'envisager les mêmes phénomènes (Bernal).

Cette nouvelle conception de la structure des liquides nous permet de comprendre celle des couches « liquides ». Au sein du liquide, prenons comme molécules de référence toutes celles qui, à un instant donné, sont réparties sur un même plan. L'ensemble des molécules, adjacentes à celles-ci et situées d'un seul côté du plan, constitueront l'équivalent d'une couche monomoléculaire liquide : molécules fixées au plan que constitue la surface de l'eau, orientées par rapport à celui-ci et jouissant néanmoins d'un certain degré de liberté autour d'une position moyenne.

De même, nous avons identifié les couches à l'état mésomorphe avec les assises moléculaires qui constituent les feuillets élémentaires des gouttes à gradins données par certains « cristaux liquides ». Mais une remarque s'impose. Les substances capables d'exister sous une forme mésomorphe ont toutes des molécules linéaires remarquablement longues et sans bifurcation. Lorsque ces molécules contiennent des noyaux benzéniques bi-substituées, ceux-ci n'admettent que la position para. Or, les acides gras et les alcools supérieurs de la série qui nous intéresse, bien que répondant à ces caractéristiques, ne passent pas, dans les conditions ordinaires, par l'état smectique, mais fondent en donnant directement un liquide isotrope. Pourtant nous avons vu qu'étalées en couche monomoléculaire, ils se présentent bien sous cet état.

De plus, la limite supérieure de l'intervalle de température dans laquelle se fait la transformation ne se confond pas avec la température de fusion ordinaire (commencement de l'état liquide), elle lui est souvent bien inférieure. Par exemple, l'acide palmitique donne sur l'eau acidulée une pellicule solide qui passe à l'état mésomorphe à partir de 18-20°. La transformation, qui se traduit par une expansion progressive, se termine vers 45° lorsqu'apparaît la phase « liquide ». Le point de fusion de la couche sur ce support est donc autour de 45°, alors que la température de fusion de l'acide palmitique dans les conditions ordinaires est de 62°. Cette limite supérieure de 45° se déplace, s'éloigne ou se rapproche de 62°, suivant que l'on alcalinise ou que l'on rend plus acide l'eau de la cuve.

On peut donc conclure que les états physiques de ces substances sont conditionnés par la nature du support. Son action se traduit, non seulement en faisant apparaître des phases intermédiaires inexistantes dans les conditions ordinaires, mais aussi en modifiant les températures de transformation. Dire que les substances dissoutes dans l'eau réagissent avec celle de la couche et que celle-ci n'est plus la même en tant que composition chimique, n'a pas toujours beaucoup de sens. D'ailleurs, toutes autres conditions restant les mêmes, lorsque l'on augmente progressivement l'alcalinité de l'eau, la transformation se fait d'une façon continue et sans discontinuité. Si l'on tenait absolument à dire qu'il se forme un sel alcalin de l'acide gras, on pourrait répondre que celui-ci serait hydrolisé à cette concentration et l'on ne serait pas plus avancé. D'ailleurs, toujours avec les acides gras, des transformations se produisent également sur des supports neutres ou acides et d'autre part, les triglycérides correspondant, les éthers-sels, se comportent de façon analogue. On se trouve là plutôt dans un domaine où forces de cohésion et forces d'affinité chimique se confondent. Des actions électriques entre moments dipolaires et ions interviennent très nettement.

Parlons donc tout simplement d'action du support. Ce support peut d'ailleurs être un métal [17]. Devaux signale, par exemple, que l'acide abiétique forme sur le mercure une lame fluide, et non solide comme sur l'eau, mais qu'en comprimant elle prend l'état solide. On sait aussi depuis longtemps que les triglycérides présentent la curieuse propriété suivante. Lorsqu'on en place de très petits fragments dans un tube en verre mince et qu'on élève graduellement la température, on enregistre un premier point de fusion normale de la substance. La matière étant maintenue en fusion, si on la refroidit brusquement, comme pour une trempe, elle donne un solide qui peut fondre à une température inférieure de plusieurs degrés à la première. Elle ne tarde pas d'ailleurs à revenir, au bout de quelques minutes à son premier état. On peut rapprocher ce phénomène de celui que signale Devaux à propos de la mouillabilité due à l'orientation, mais ce qui ne fait plus de doute, c'est que les substances, à l'état de pellicule monomoléculaire et même en faible épaisseur, présentent des points de fusion ou de transformation qui dépendent de la nature de la surface qui leur sert de support. On pourrait presque dire, que la température ordinaire de fusion correspond au cas particulier de la substance qui serait étalée sur un support identique à elle-même. Effectivement la constitution stratifiée de ces substances permet de considérer chacun des feuillets, formés d'une double assise de molécule, comme identique à une couche monomoléculaire solide ayant l'autre pour support.

17. Devaux et Fahir ont étudié des couches monomoléculaires formées sur le mercure, A. Joyet et P. Lukirsky sur l'or.

Un support de cette nature, pour les acides gras, les alcools et les triglycérides, n'est pas favorable à l'apparition de l'état mésomorphe, alors qu'il l'est pour l'azoxybenzoate d'éthyle et tous les autres corps appelés « cristaux liquides ». Néanmoins, même les acides gras peuvent donner naissance à des corps smectiques lorsqu'on les associe aux cathions alcalins. Les savons sont en effet des corps smectiques par excellence, dans lesquels les couches élémentaires de stratification correspondent très vraisemblablement à la hauteur d'une double couche de molécules réunies par les cathions alcalins. Ici également, au lieu de dire qu'il s'agit d'un *composé* bien défini et que le *palmitate de sodium* est un corps smectique, nous pourrions dire que l'acide palmitique prend l'état smectique sur support Na ou NaOH. Ceci jette une lumière sur la constitution des solutions de savon, qui sont des solutions colloïdales et qui semblent être formées de micelles d'acide palmitique, par exemple (et non de palmitate), sur lesquelles, suivant la dilution, se fixent des quantités variables d'ions alcalins.

Toutes ces recherches sur l'action du support reviennent donc à étudier comment varient les forces de cohésion lorsque l'on remplace dans l'édifice certaines molécules par d'autres. Ceci d'une façon progressive, continue, dans l'intervalle compris entre les deux discontinuités que représentent le corps pur et le composé chimique aux proportions définies.

Par les modifications que les couches monomoléculaires apportent en même temps dans la tension superficielle et dans la différence de potentiel de contact, nous disposons aussi d'un moyen d'étudier, d'une façon assez directe, des phénomènes où interviennent à la fois des actions d'origine électronique et les forces de cohésion qui sont en corrélation avec celles-là.

L'étude des couches monomoléculaires présente de l'intérêt à bien d'autres points de vue. Il suffit de citer l'usage qu'en ont fait des chimistes organiciens pour déterminer la position des différents groupements fonctionnels dans la formule mal déterminée de certains corps. Elle intéresse les métallurgistes pour tous les problèmes qui se rattachent au « flottage » des minerais. La théorie de la lubrification y fait également appel.

Mais les couches monomoléculaires ne constituent somme toute qu'un chapitre de la physicochimie des surfaces : étude de tous les phénomènes qui ont pour siège les surfaces de séparation entre deux phases : catalyse, adsorption, différence de potentiel de contact. Phénomènes intervenant dans les milieux dispersés ou les solutions colloïdales ; sans parler du rôle capital qu'ils jouent dans la matière organisée par suite de l'extrême développement en surface des tissus.

D. G. Dervichian.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Mandelbrojt (S.). — **Séries de Fourier et classes quasi analytiques de fonctions.** — 1 *vol. gr. in-8° de 137 pages, Gauthier-Villars, Paris* 1935. (*Prix : 35 fr.*).

L'auteur a repris l'exposé des séries trigonométriques fait par M. Lebesgue dans un ouvrage actuellement épuisé, en se bornant aux faits généraux de cette théorie susceptibles d'être appliqués à la quasi-analycité. Cet exposé est précédé d'un résumé très succinct de la théorie de la mesure et de l'intégrale. M. Ostrowski a donné des démonstrations récentes de résultats fondamentaux de MM. Denjoy et Carleman : ces démonstrations sont reproduites par M. Mandelbrojt, et des théorèmes nouveaux leur sont ajoutés. L'auteur remarque que ce furent MM. de la Vallée-Poussin et S. Bernstein qui furent les premiers à introduire les séries de Fourier dans la quasi-analycité, mais il faut restituer à M. Mendelbrojt le fait d'avoir non seulement confirmé la liaison entre les deux théories, mais encore d'avoir montré que les séries de Fourier constituent un instrument utile pour l'exposé de la quasi-analycité, et que, par réciproque, les fonctions appartenant aux classes quasi analytiques jouent un rôle important lorsqu'on cherche à établir, pour les séries de Fourier des fonctions intégrables, certains résultats qui ne soient plus susceptibles d'être améliorés.

R. de Montessus de Ballore.

2° Sciences physiques.

Actualités scientifiques et industrielles. — *Collection Hermann et Cie, éditeurs, Paris*, 1935.

I. — *Propagation du son*, par Y. Rocard.

Parmi les fascicules nouveaux qui viennent de paraître dans l'excellente Collection Herrmann, nous signalons l'exposé très intéressant de Y. Rocard sur la propagation du son dans les fluides et sur son absorption dans les mêmes milieux. Ce fascicule, d'un caractère théorique très élevé, se tient néanmoins suffisamment près de l'expérience pour que le lecteur entrevoie d'emblée l'importance des applications possibles. Une théorie simple des ondes d'amplitude finie dans un pavillon de forme quelconque apporte beaucoup de lumière sur la question si embrouillée des émetteurs acoustiques. L'absorption du rayonnement sonore par viscosité, par conductibilité, par diffusion réciproque, et aussi par activation moléculaire dans certains cas particuliers est traitée d'une façon correcte et suggestive. Nous apprécions surtout la promesse faite par l'auteur que ce premier fascicule est une simple amorce d'un Traité d'Acoustique vraiment moderne, livre qui manque actuellement en France et dont la nécessité n'est pas à démontrer.

II. — *Les spectres des nébuleuses gazeuses*, par P. Swings

Cette brochure de 25 pages met au point d'une façon tout à fait claire et instructive la question du rayonnement émis par les nébuleuses gazeuses. Ce rayonnement diffère grandement, on le sait, des rayonnements que nous savons produire au laboratoire. En particulier, il est riche en raies interdites qu'on n'observe jamais dans les sources usuelles. M. Swings a classé avec la compétence qui lui est propre toutes celles de ces raies dont la présence a été signalée d'une façon certaine dans les spectres de nébuleuses. Il en tire des conséquences de la plus haute importance pour l'interprétation astrophysique de ces spectres.

Léon Bloch.

∴

The Structure of métallic coatings, films and surfaces (Structure des pellicules et surfaces métalliques). — 1 *vol. relié de 250 p., édité par la Faraday Society chez Gurney and Jackson, sept.* 1935 (*Prix : 21 sh.*).

Cet intéressant ouvrage est formé par la réunion des rapports présentés en septembre 1935 au Congrès de Londres de la Faraday Society. Cette société avait mis cette fois à l'ordre du jour de son Congrès les questions physico-chimiques les plus modernes concernant la structure et les propriétés des couches métalliques très minces.

Divers physiciens ont présenté les résultats obtenus par la méthode de diffraction des électrons (G.-P. Thomson, Finch, Laschkarew). L'étude de la couche amorphe à la surface des métaux polis a été résumée par Hopkins et par Lees. MM. Trillat et Motz ont rédigé un rapport sur les couches moléculaires d'acides gras sur métaux. M. da C. Andrade s'est occupé de la cristallisation de pellicules métalliques minces. M. Tronstad discute la validité de la méthode optique de Drude pour l'étude de surfaces transparentes de métaux. M. Ornstein résume ses recherches sur les pellicules métalliques obtenues par évaporation. Un certain nombre de rapports très intéressants concernent la structure des dépôts galvanoplastiques industriels (Macnaughtan et Hothersall, Schlötter, Kohlschütter, Liebreich, Müller, Blum et Kasper, Portevin et Cymboliste, Glasstone, Wernick, Hothersall, Wood, Riley). Les revêtements métalliques protecteurs obtenus par pulvérisation et par immersion à chaud ont été discutés par Glazunov, Reininger, Daniels.

L'ensemble de ces exposés résume d'une façon tout à fait complète l'état actuel de nos connaissances et de la pratique industrielle concernant les couches métalliques minces.

L. B.

3° Sciences naturelles.

Legendre (R.), *Directeur du Laboratoire de Physiologie comparée à l'Ecole des Hautes-Etudes.* — **Les Céréales. Biologie et applications.** — 1 *vol.* 218 *pages. A. Colin, éditeur.* 1935. (Collection A. Colin). (*Prix, broché :* 10 *fr.* 50).

L'originalité de ce petit livre consiste surtout en ce que l'auteur nous apporte des faits nouveaux sur la conservation des grains. Tous les chapitres de l'ouvrage sont intéressants, et le talent d'exposition de l'auteur en rend leur lecture attrayante mais nous insisterons spécialement ici sur les cinquante pages qui en forment la troisième partie. Citons : « Il n'existe pas de tas de céréales où beaucoup de grains ne soient brisés, fendus, fêlés, et c'est là la porte ouverte à toutes les infections... aussitôt l'amidon et les diastases mises en contact, les phénomènes de la fermentation commencent, éveillant les êtres enkystés, sporulés, leur fournissant un aliment qui leur permet de vivre, de dégager de la chaleur, de pulluler, d'amorcer toutes les avaries ». Un seul empêchement existe : l'absence d'eau.. mais il est difficile et coûteux de dessécher convenablement une masse de grains sans les échauffer au point d'altérer leurs albuminoïdes et leur faculté germinative » (p. 162).

Or on sait que les fermentations ne sont possibles qu'en présence d'eau et seulement entre certaines limites de température et *d'acidité*, et l'on sait aussi que, de tout temps, on a utilisé la chaux comme moyen de conservation. A cette coutume empirique l'auteur a cherché à substituer une méthode scientifique basée sur la considération de la réaction du milieu, sur le *p*H de l'eau imprégnant les grains.

L'observation montre que les jus que l'on extrait par pression des plants de blé ont un *p*H très voisin de 6; la même valeur du *p*H a été constatée, par M. Legendre, dans l'eau mouillant les grains; l'eau de lavage des farines, aussitôt après la mouture a encore un *p*H = 6. Et c'est précisément avec une acidité voisine de *p*H = 6 que la majorité des diastases d'origine végétale ont leur maximum d'action. D'où il résulte que c'est en agissant sur le *p*H de l'eau qui mouille les grains que l'on pourra empêcher leur altération, et l'auteur a proposé et mis au point des méthodes pratiques utilisées en grand industriellement.

Les blés récoltés humides sont brassés avec un mélange de poudres alcalines, chaux et magnésie : 25 à 30 grammes de poudre par quintal de grains suffisent pour obtenir une réaction du milieu d'un *p*H compris entre 7 et 10, de préférence *p*H = 8. Les indicateurs colorés permettent aisément cette vérification (notamment par l'emploi de la phénolphtaléine qui vire dès *p*H = 8).

Nous conseillons vivement la lecture de ce livre aux agriculteurs et industriels comme aux étudiants de nos Facultés, les uns et les autres apprendront beaucoup de choses qu'ils ignorent ou croient savoir.

M. R.

4° Sciences médicales.

Allaix (Dr Henri) — **Les Mutilations sexuelles.** — 1 *vol. in*-12 *de* 78 *pages. Edition du* Lien Médical, *en dépôt Librairie Lefrançois,* 1935. (*Prix :* 6 *fr.*).

Dans cette petite brochure, reproduction d'une conférence faite à la Sorbonne au Groupe d'études philosophiques et scientifiques pour l'examen des tendances nouvelles, — toute en vues personnelles, neuves et suggestives, et qui, abstraction faite des références, présente à peine 60 pages de texte, le Dr Allaix donne la mesure de son originalité et de sa puissance d'analyse. Chaque chapitre pourrait être développé en un volume.

En résumé, — mais comment résumer ce texte déjà si condensé? — le Dr Allaix, laissant de côté les mutilations qui suppriment ou troublent les fonctions génitales (Skoptzy, diverses castrations, etc.), les infibulations, s'intéresse uniquement aux mutilations présentant un caractère *rituel* ou *ethnique:* subincision, circoncision, hyménotomie, clitoridectomie.

Il en note l'ancienneté, la *répartition géographique:* Equateur, Tropiques, Zones tempérées chaudes, en décroissant progressivement, — leur attribue une action bio-typologique en rapport avec l'époque de la vie où elles sont pratiquées : les *pubertés* (Allaix reconnaît trois pubertés : première à la naissance, — deuxième à 7 ans — troisième à 14 ans, caractérisées, les trois, par une hyperactivité des glandes endocrines sexuelles), — en déduit, enfin, leur nécessité pour la caractérisation d'un type ethnique et la conservation de ce type, malgré les conditions climatiques et alimentaires (interdictions rituelles).

Actuellement, certaines de ces mutilations se généralisent, sous prétexte d'hygiène, à toutes les latitudes, ce qui pourrait n'être pas sans inconvénient, par l'hypermasculinisation ou l'hyperféminisation réactionnelles qu'elles provoquent.

Tous les esprits curieux de questions médicales, sociologiques, morales, religieuses, ethniques voudront lire cet opuscule et y trouveront matière à amples réflexions, et tout un programme d'études nouvelles.

Dr Albert Kahn.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADEMIE DES SCIENCES DE L'U. R. S. S.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S., vol. IV, n° 1-2, 1935 (*suite*).

Génétique. — **Levitsky** et **Sizova** : Nouvelles études sur les régularités dans les transformations de chromosomes dans *Crepis Capillaris* induites par les rayons X. — **Povolocko** : Un autotétraploïde de *Nicotiana Sylvestris* obtenu par la régénération provoquée par des hormones de croissance. — **Zuitin** : Sur les chromosomes du yak (*Poephogus grunniens*). — **Pausin** : Nouvelles preuves pour l'hypothèse de l'effet de position. — **Sacharov** : Le mouchetage dans *Drosophila* comme un cas de l'effet de position. — **Sacharov** : Une étude cytologique de la mortalité des chromosomes sexuels dans *D. Melanogaster*. — **Novikov** : Chromosomes dans la spermatogénèse des hybrides interspécifiques du mouflon européen et du mouton domestique (*Mérino*). — **Dubovsky** : Sur la question de la mutabilité comparative des races de *Drosophila Melanogaster* d'origines différentes.

Physiologie végétale. — **Saltykovsky** et **Saprygina** : La résistance à la gelée des céréales d'hiver à différents stages du développement.

Zoologie. — **Gromova** : Sur la trouvaille d'agneaux et de chèvres sauvages dans les dépôts quaternaires de Crimée. — **Smirnov** : Sur la morphologie des pieds rudimentaires chez les Copépodes. — **Andrijashev** : Nouvelles données sur les poissons des eaux profondes de la mer de Bering.

Paléontologie. — **Rauser-Cernousova** : Remarques sur l'espèce *Wedekindellina* Dunbov et Hebert, et sur sa signification stratigraphique.

⁂

Comptes rendus de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S., vol. IV, n° 3, 1935.

Mathématiques. — **Kantorovic** : Sur quelques méthodes générales de prolongement de l'espace de Hilbert. — **Serman** : Contribution à la solution du deuxième problème fondamental de la théorie de l'élasticité pour les domaines plans multiconnexes.

Physique. — **Freedericksz** et **Zvetkoff** : Sur les mouvements qui se produisent dans les liquides anisotropes sous l'influence du champ électrique. — **Sokolov** et **Sosinskij** : L'influence des champs électriques sur la viscosité des liquides. — **Konvisarov** : Sur la plasticité des métaux déformés. — **Isakov** : Un système de masses des atomes légers déduit des réactions nucléaires seules. II.

Physique du globe. — **Kalitin** : Quelques données sur la transparence de la glace pour la radiation ultraviolette du soleil.

Chimie. — **Stepanov** et **Buloch** : Sur la vitesse de transformation dans les alliages du magnésium au cadmium dans la région du composé Mg Cd.

Géologie. — **Timofejev** : Sur l'âge absolu des plus anciennes formations de Carélie.

Géographie physique. — **Heller** : Sur la question de la relation entre la pesanteur et l'activité séismique.

Physiologie végétale. — **Sergejev**, **Lebedev** et **Akifjeva** : Corrélation de la résistance à la gelée et de la résistance à la salinité du sol.

Zoologie. — **Smitnov** : Une nouvelle espèce de cyclopinides (*Copepoda*) provenant de la baie d'Awatscha.

Zoologie expérimentale. — **Popov** : Sur la provenance du matériel cellulaire dans la formation de l'extrémité à induction hétérogène.

⁂

Comptes rendus de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S., vol. IV, n°s 4-5, 1935.

Mathématiques. — **Kantorovic** : Sur quelques méthodes particulières de prolongement de l'espace de Hilbert. — **Tichonov** : Théorie mathématique du couple thermo-électrique.

Physique. — **Fabrikant**, **Butajek** et **Cirg** : Sur l'influence de la pression sur le rayonnement de la décharge dans la vapeur de mercure.

Chimie. — **Solovjev** : L'effet de la pression de vapeur d'eau sur la vitesse d'interaction entre l'iode et les métaux (fer et cuivre). — **Solovjev** : L'interaction entre l'aluminium et l'iode dans l'air atmosphérique d'humidité variable. — **Polessitskij** : La solubilité et l'activité des halogénates de quelques métaux bivalents. I. La solubilité et l'activité de Ba $(IO_3)_2$ dans l'eau et dans les solutions d'électrolytes. II. La solubilité et l'activité de Pb $(IO_3)_2$ dans l'eau et les solutions d'électrolytes. — **Topcijev** : Cas de mobilité du groupe nitré. I. Mobilité du groupe nitré dans 3,4-dinitroanisol. II. Sur la préparation du 3,4-dinitroanisol.

Minéralogie. — **Vedenejeva**, **Grum-Grzimajlo** et **Volkov** : Détermination au microscope des indices de réfraction des substances résineuses et des minéraux de haute réfringence.

Biologie. — **Katznelson** : Sur les sources de développement de la partie latéro-ventrale des muscles du tronc et de la musculature caudale chez les amphibiens.

Biochimie. — **Charite** et **Khaustov** : Flavines et métabolisme. I. Flavines et amylolyse. II. Flavines et protéolyse.

Génétique. — **Krajevoj** et **Rassuly** : Sur la fréquence de transport dans différentes sections des chromosomes chez *pisum*. — **Bucinskij** : Hérédité de la durée de la période de végétation chez le tabac.

Géologie. — **Krokes** : Sur la stratigraphie des dépôts quaternaires de la portion sud-ouest dans le domaine glaciaire du bassin du fleuve Don.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 4-36.